

ВЫХОДИТ С ОКТЯБРЯ 2011 г.

СЛОЖНЫЕ СИСТЕМЫ

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Апрель – Июнь

№ 2 (31), 2019

Главный редактор Иванов О.П. (к.г.-м.н., МЗ МГУ им. М.В. Ломоносова)

Зам. главного редактора Князева Е.Н. (д.филос.н., профессор НИУ ВШЭ)

Ответственный секретарь Винник М.А. (д.пед.н., МЗ МГУ им. М.В. Ломоносова)

Редакционный Совет

Боголепова И.Н. (академик РАН, д.мед.н., проф., зав.лаб. научного Центра неврологии РАМН, Москва, Россия); **Гершензон К.** (д.ф.-м.н. (PhDr), проф. Национального автономного университета города Мехико, Мексика); **Гусев Н.Б.** (чл.-кор. РАН, д.б.н., проф., МГУ, Москва, Россия); **Эрди П.** (д.ф.-м.н. (PhDr), Центр по исследованию сложных систем в Колледже Каламазу, штат Мичиган, США); **Игамбердиев А.У.** (д.б.н.(PhDr), проф. факультета биологии Университета Ньюфаундленда, Канада); **Майнцер К.** (д.филос.н.(PhDr), зав. каф. философии и теории науки Технического университета Мюнхена, президент Германского общества сложных систем и нелинейной динамики, Мюнхен, Германия); **Малинецкий Г.Г.** (д.ф.-м.н., проф., Институт прикладной математики (ИПМ) им. М. В. Келдыша РАН, Москва, Россия); **Мелихов И.В.** (чл.-кор. РАН, д.хим.н., проф., МГУ, Москва, Россия); **Панин В.Е.** (академик РАН, д.ф.-м.н., проф., Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия); **Поспелов И.Г.** (чл.-кор. РАН, д.ф.-м.н., проф., зав. отделом Вычислительного центра им. А.А. Дородницына РАН, Москва, Россия); **Хофкирхнер В.** (д.филос.н. (PhDr), президент Центра Берталанфи по изучению науки о системах, Вена, Австрия)

Редакционная коллегия

Гладков С.О. (д.ф.-м.н., проф., Институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН, Москва, Россия); **Голыченко В.А.** (д.б.н., проф., МГУ, Москва, Россия); **Доронин Ю.К.** (д.б.н., МГУ, Москва, Россия); **Клиге Р.К.** (д.геогр.н., проф., МГУ, Москва, Россия); **Куркина Е.С.** (д.ф.-м.н., МГУ, Москва, Россия); **Магницкий Н.А.** (д.ф.-м.н., проф., МГУ, Москва, Россия); **Мелехова О.П.** (д.б.н., МГУ, Москва, Россия); **Орынбасаров А.С.** (к.т.н., НПО "Инновационные нанотехнологии Казахстана", Астана, Казахстан); **Ризниченко Г.Ю.** (д.ф.-м.н., проф., МГУ, Москва, Россия); **Сафьянов Г.А.** (д. геогр. н., проф., МГУ, Москва, Россия); **Суриков В.В.** (д.ф.-м.н., проф., МГУ, Москва, Россия); **Чуличков А.И.** (д.ф.-м.н., проф., МГУ, Москва, Россия); **Шанявский А.А.** (д.т.н., проф., ФАУ «Государственный центр «Безопасность полетов на воздушном транспорте», Москва, Россия); **Кирилишина Е.М.** (к.г.-м.н., МГУ, Москва, Россия; технический редактор)

УЧРЕДИТЕЛЬ: ООО «СЕЛЬМАШПРОЕКТ», 2018

Междисциплинарный научный журнал «СЛОЖНЫЕ СИСТЕМЫ» зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-42729 от 25.11.10 г.

Регистрационный номер внесения изменений в запись о регистрации СМИ ПИ № ФС77-73604 от 31.08.2018 г.

ISSN № 2220-8569

Сдано в набор 15.06.2019. Подписано в печать 15.06.2019. Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура таймс. Печать лазерная. Усл. печ. л. 10,8. Тираж 50 экз. Заказ 180. Цена свободная.

Издательство: ООО «СЕЛЬМАШПРОЕКТ»

Адрес редакции и издательства: 111402, Россия, г. Москва, аллея Жемчужовой, д. 5, корп.2, пом. 109, ком. 7.

Тел./Факс: +7(495) 978 62 99 <http://www.slozhnye-sistemy.ru>; e-mail: mail@vinnik.ru

Подписной индекс 88852

Компьютерная верстка издательства ООО «СЕЛЬМАШПРОЕКТ» www.технопарк.рф технопарк®
Типография ООО «СЕЛЬМАШПРОЕКТ», 111402, г. Москва, аллея Жемчужовой, д.5, корп. 2, 109/7.

© ООО «СЕЛЬМАШПРОЕКТ», 2019

© Коллектив авторов, 2019

Перепечатка и перевод статей – только со ссылкой на журнал

FIRST PUBLISHED: October 2011

THE COMPLEX SYSTEMS

SLOZHNYE SISTEMY

Interdisciplinary Scientific Journal

April – June

№ 2 (31), 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. ФC77-42729 as of November 25, 2010

Registration number of changes ПИ No. ФC77-73604 as of August 31, 2018

ISSN No. 2220-8569

Sent for the press 15.06.2019. 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®**

© LIC "AGROMASHPRO", 2019

© Group of authors, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Фундаментальные исследования

- Кузьмин С.Б.* Опыт использования теории странных аттракторов для моделирования сложных этноприродных систем. 4
- Чернавский Д.С. Информация, самоорганизация, мышление. 23
-

Новые идеи, подходы

- Смирнов В.Л.* Расщепление разрешенных состояний в сложной самоорганизующейся системе. Часть 1. 57
-

Эксперименты, открытия, практика

- Устинкина Т. И.* Система самовоспроизводства организма человека. 82
-

CONTENTS

Basic researches

Kuzmin S.B. The experience of the use of the theory of strange attractors for modeling of the complex ethno-natural systems. **4**

Chernavsky D.S. Information, self-organization, thinking. **23**

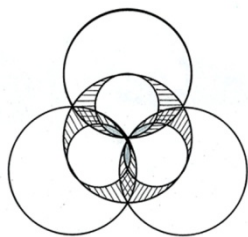
New ideas, approaches

Smirnov V.L. Splitting of the allowed states in a complex self-organized system. Part 1. **57**

Experiments, opening, practice

Ustinkina T.I. Human body self-reproduction system. **82**

УДК 39; 572.9 +504.75+005; 519.7; 303.732



**ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕОРИИ СТРАННЫХ
АТТРАКТОРОВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ
ЭТНОПРИРОДНЫХ СИСТЕМ**

Кузьмин С.Б. (д.геогр.н., в.н.с.)

*Институт географии им. В.Б. Сочавы Сибирского отделения
Российской академии наук, Иркутск, РФ*

kuzmin@irigs.irk.ru, sergey_kuzmin1966@mail.ru

Аннотация. Цель исследований состоит в использовании теории странных аттракторов для моделирования сложных этноприродных систем на базе учения Л.Н. Гумилева об этногенезе. Сегодня многие вопросы палеоэкологической истории народов не находят адекватного объяснения в рамках традиционных методов этнологии, антропологии и археологии. Особенно это касается связи человеческих сообществ, их материальной культуры, образа жизни и технологий с изменениями природной среды и климата. Методологически обоснованным представляется изучение палеоэкологических этноприродных моделей в рамках компактной территории на протяжении позднеледниковья и голоцена, т.е. периода, когда ярко проявились адаптивные механизмы этногенеза, четко прослеживается роль пассионариев и динамика пассионарной энергии в этноприродных системах. Большое значение для исследований имеет общий системный синергетический подход. В результате для территории Прибайкалья с помощью некоторых примеров из теории странных аттракторов удалось выявить не только этапы этногенеза или этноприродные модели общественного развития, но и объяснить их функционирование, динамику и эволюцию. Исследования были обеспечены достаточным фактическим материалом по изменениям природной среды и климата, а также материальной и духовной культуры сообществ для Прибайкалья. Это и собственные материалы автора, и обширная опубликованная и фондовая литература. Начатые работы требуют дальнейшего совершенствования, в т.ч. как с привлечением новых методов, так и новых объектов исследований.

Ключевые слова: сложные этноприродные системы, палеоэкологические модели, странные аттракторы, Прибайкалье.

ВВЕДЕНИЕ

Общество и составляющие его отдельные народы, этносы всегда развиваются в природном окружении, тесно с ним связаны и активно взаимосвязаны друг с другом. Поэтому взаимодействие этноса и природы имеет полные основания быть рассмотренным в качестве сложной системы в контексте общей теории систем. В более ранних работах [25, 26, 30] мы называли такие сложные системы этноприродными.

Этноприродная система, как и всякая неустойчивая открытая динамическая система, эволюционирует в целом ряде аттракторов. История ее развития с точки зрения эволюции – это постоянные переходы из одного аттрактора в другой. Образом такой сложной системы служит странный аттрактор. В аспекте этноприродных взаимодействий, наряду с неустойчивостью, важная роль принадлежит нелинейности открытых систем. Для того чтобы динамика системы не стала хаотической, и в ее

фазовом пространстве возник странный аттрактор, необходимо, чтобы фазовые траектории не только были неустойчивыми, но и оставались в ограниченной области фазового пространства. Это обеспечивается нелинейностью, которая выполняет функцию «ограничителя», не дает фазовым траекториям «убегать» на бесконечность.

Общая теория систем сделала для изучения сложных этноприродных образований, систем очень важный шаг. Была создана концепция открытых систем и состояний их подвижного динамического равновесия, разработан математический аппарат и применен принцип изоморфизма для описания типологически несходных систем. Она определила не просто структуру объекта-системы (в нашем случае – этнос-природа), а структуру взаимоотношений, связей между элементами, составляющими этот объект-систему. В изучении целостности объекта-системы более продуктивным оказалось определение единства не через совокупность элементов, а через связи между ними. Применительно к этногенезу это выражается через этноприродные связи и взаимодействия, возникающие в сложных этноприродных системах.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Изучение этноприродных систем и палеоэкологическое моделирование далекого и относительно недавнего прошлого важно в аспекте выбора сценариев развития современного общества. Многие проблемы во взаимоотношении человека и окружающей природной среды возникали и в прошлом. Им всегда находились более или менее удачные решения, которые приводили или к рассвету, или к угасанию цивилизаций. Сегодня важно использовать этот накопленный историей опыт, чтобы избежать ошибок в эколого-экономических моделях природопользования. Этому может способствовать имеющийся в нашем распоряжении методический и методологический аппарат общей теории систем и синергетики природных процессов. Он, естественно, требует определенной адаптации к вопросам этнологии и ландшафтоведения.

Общая теория систем стремится установить для любой рассматриваемой системы определенную структуру, порядок. Существование порядка, организованности в открытой динамической системе связано с целенаправленным извлечением и затратами энергии на этот процесс. При этом самоорганизация и саморегулирование системы обеспечивает системную целостность, то есть: 1) в случае недостатка энергии происходит оптимально долгое ее расходование для поддержания целостности; 2) в случае избытка энергии обеспечивается оптимально быстрое ее прохождение сквозь структуру системы с минимальными потерями для ее целостности.

Любая сложная динамическая система обычно рассматривается как структурированная модель взаимосвязанных составляющих – подсистем. По И.Р. Пригожину, механизмом связи подсистем в систему является поле или пространственно-временная неравномерность распределения фактора, приведшего к формированию некоторой новой структуры. Механизмом взаимодействия всей системы с внешней средой является наблюдаемая в природных процессах вспышка энергии, приток отрицательной энтропии и последующая растрата энергии – диссипация. Такие механизмы обычно рассматриваются крупным разделом общей теории систем – синергетикой, основанной немецким физиком Германом Хакеном. Структуры, формирующиеся вследствие снижения энтропии в неравновесной области и

характеризующиеся согласованным поведением подсистем в системе, было предложено называть диссипативными.

С течением времени в диссипативных системах облако изображающих точек концентрируется на одном или нескольких аттракторах – подмножествах фазового пространства, обладающих обычно нулевым фазовым объемом. Это означает, что режим функционирования в такой системе, предоставленной самой себе в течение длительного времени, постепенно становится не зависящим от ее начального состояния.

У сложных этноприродных систем есть все признаки и свойства синергетических диссипативных структур [30, 35]. Их равновесным состоянием может являться этноландшафтный гомеостаз – высокая энтропия (существуют хаотические сообщества людей, а не этносы). Поток энергии, снижающим энтропию – неравновесным фактором-полем – является этническая пассионарность. Она формирует связи подсистем – спонтанных групп людей в систему. Основу саморегулирования в этноприродных системах составляет упорядоченное действие конкретных людей – пассионариев, которое и выражается через этнический стереотип поведения. Диссипативные структуры в природе и этносе порождаются однонаправленными процессами, необратимыми во времени, они есть форма адаптации систем к меняющимся условиям окружающей среды.

Но пассионарность – это еще и способность отдельных особей, людей (пассионариев) извлекать и поглощать из внешней среды энергию в гораздо большем масштабе, чем это необходимо для поддержания этноприродного статуса – устойчивой этноприродной системной целостности. С увеличением числа пассионариев совокупное энергетическое наполнение этноса-системы растет, поэтому его прежняя системная целостность и структура рушатся. Однако могут возникать ситуации, когда пассионарии не в состоянии разрушить породившую их этноприродную систему или увлечь за собой основное население этноса. Тогда они вынуждены покинуть родной этнос и приложить свою энергию на новых землях, в новых системах этногенеза, синергетическая организация которых в данный момент слаба. В случае успеха в «родовой» этноприродной системе пассионарии изменяют не только свое поведение, но и поведение окружающих их людей, так или иначе, силой или личным примером заставляя присоединиться к новой поведенческой структуре [13]. Организуется новая этническая общность, новая поведенческая структура, новая этноприродная система. Именно фактор беспокойства пассионариев по поводу полной диссипации энергии и невозможности развития в старой этноприродной системе обеспечивает пассионарный толчок.

По Л.Н. Гумилеву, в процессе этногенеза развитие осуществляется на популяционном уровне в виде дискретных переходов от неравновесного состояния к равновесному и обратно. Возникающая новая структура ведет себя всегда иначе, чем прежняя, уже растратившая первоначальный импульс и близкая к равновесию с окружающей средой – гомеостаз. Этноприродные процессы носят колебательный характер, обеспечивающий устойчивую воспроизводимость структуры этноприродной системы [15].

МЕТОДЫ И ПРОЦЕДУРА ИССЛЕДОВАНИЙ

Самоорганизация в открытых динамических системах приводит к возникновению порядка через флуктуации. Они «расшатывают» старый порядок и обеспечивают возникновение нового. Модели этноприродных взаимодействий являются открытыми системами, находящимися вдали от термодинамического равновесия. Сохранение синергетической структуры такой системы будет обеспечиваться принципом обратной связи, когда на основе полученных обратных сигналов этнос-система возвращается в исходное состояние. Самоорганизация опирается на принцип положительной обратной связи. Изменения в системе не устраняются, а накапливаются и усиливаются, что приводит к возникновению нового порядка. Сложные этноприродные системы обладают большим количеством взаимодействующих элементов и имеют некоторые критические размеры, иначе бы коллективное поведение их элементов (различные социальные институты этноса) не проявилось, а самоорганизация систем не наступила.

Этническая история свидетельствует, что этноприродные системы возникают, как правило, внезапно (как под влиянием резко изменившихся природных условий среды обитания, так и под влиянием воли пассионариев), формируют устойчивые внутренние связи (синергетический баланс), образуют системы и затем медленно расходуют (диссипируют) энергию живого вещества для поддержания своей устойчивости. Поэтому этническая история человека – это часть истории биосферы, в отличие от его истории социальной, движение которой спонтанно [12].

В определенных условиях (как внешних – изменения природной среды и климата, так и внутренних – воля пассионариев) на некотором отрезке развития элементы сложных этноприродных систем начинают действовать согласованно, обнаруживая характеристики, не присущие отдельному элементу системы. Эти характеристики получили название когерентных параметров. Когерентность определяется возникновением корреляций – взаимосвязей между элементами системы. При приближении системы к равновесию сначала разрушаются именно когерентные связи, а потом уже связи, определяемые энергетическими факторами. Это выражается путем построения функции распределения не одного, а нескольких взаимодействующих элементов. Н.Н. Боголюбов разработал подход для рассмотрения всей совокупности функций распределения и последовательных функций увеличивающегося числа взаимодействующих элементов в системе [6]. При переходе к состоянию равновесия корреляции разрушаются, сокращается набор функций, нужных для описания поведения системы, а сами функции зависят от всё меньшего числа элементов системы.¹ Если генезис и характеристики обратной связи определены, то в

¹ Когда автор использует подобные речевые обороты в статье, следует понимать, что пассионарии, люди в этносе действуют интуитивно, не имея представлений об общей теории систем. Но именно в этом и проявляется самоорганизация и саморегулирование сложных этноприродных систем, и, поэтому они являются и всегда будут частью биосферы. В этноприродных системах человек стремится действовать (пусть и не всегда успешно) в согласии с законами природы, чтобы сохранить ее синергетическую структуру, т.е. обеспечить ресурс для нормальной жизни общества. В социальных системах над человеком в процессе принятия управленческих решений довлеет целый комплекс субъективных факторов – семья, быт, социальные отношения и положение, материальная обеспеченность, религиозные предрассудки, эгоизм, алчность и мн. др. Причем история наглядно свидетельствует о том, что этот набор факторов со временем только нарастает.

этноприродных системах у человека (пассионария) появляется возможность изменить ее динамику в нужном ему направлении.

Открытые динамические системы изучает теория сложности. Она сосредотачивает внимание на элементах, которые традиционно относили к помехам, беспорядку, хаосу, подчеркивает, что в этом беспорядке находятся ростки будущего развития. Теория сложности утверждает, что поведение системы можно понять и повлиять на него, если обнаружить, так называемые, устойчивые паттерны – странные аттракторы. Затем можно определить точку приложения сил на траектории странного аттрактора и внести в систему корректировки. По мере развития системы, при движении от одной вершины траектории странного аттрактора или стадии развития системы к другой происходит увеличение доли «прошлого движения» и уменьшение доли «будущего». И в некоторый момент времени будущее у поступательного движения как бы совсем «исчезает». Это есть точка бифуркации, в которой происходит качественная трансформация дальнейшего развития сложной системы и характера приложения энергии. По такому сценарию формируется многомерное пространство, в котором в системе происходит самоорганизация [2, 36]. Например, в теории фракталов каждая новая деталь фрактальной реальности является цельной и многоликой, а сами эти детали (границы) и представляют собой точки бифуркации. После их прохождения система опять становится цельной, а все входящие в нее подсистемы и уровни измерения – дробными.

Бифуркации происходят при малом изменении управляющих параметров системы и бывают мягкими или жесткими [1]. При мягкой бифуркации стационарное состояние системы теряет устойчивость, и вблизи него появляются две новые системы с устойчивыми стационарными состояниями, в чем-то аналогичные изначальной «родовой» системе. Жесткая бифуркация определяет полную потерю устойчивости системы и переход в качественно новую систему. Признаки «родовой» системы при этом утрачиваются. Жесткие бифуркации в природных системах называются катастрофами [43]. Управляющий параметр системы, генератор ее устойчивости достигает критического значения в точках бифуркации и в них она чувствительна к малейшим воздействиям, может скачкообразно перейти на новый режим функционирования. Для сложных этноприродных систем важно то, что выбор направления развития определяется внутренними свойствами системы, на практике – волей пассионариев.

Для изучения этноприродных систем важно, что траектория странного аттрактора непериодическая, не замыкается, а режим функционирования неустойчив, малые отклонения со временем нарастают. Критерием хаотичности является экспоненциальное нарастание во времени малых возмущений. Прогноз траектории движений открытой динамической системы, попавшей в странный аттрактор, затруднен, поскольку малая неточность в начальных данных через некоторое время может привести к сильному расхождению прогноза с реальной траекторией. Странный аттрактор создает область фазового пространства, в которую с течением времени стягиваются траектории систем, начинающиеся в некоторой окрестности этой области. Важным свойством странного аттрактора является его инвариантность относительно оператора функционирования и динамики системы. Если она стартует с состояния,

лежащего в странном аттракторе, то все ее дальнейшие состояния также будут лежать в этом аттракторе.

В теории странных аттракторов их траектории исследуются в многомерном фазовом пространстве. Его размерностями служат динамические переменные, характеризующие состояние системы в каждый момент времени. Данные о системе в каждый момент времени концентрируются в одной точке. Это и есть система в кратчайшем временном отрезке. В следующее мгновение она уже претерпит изменения, пусть совсем незначительные, а точка изменит свое местонахождение. Динамику системы² можно изобразить на графике, наблюдая за ее орбитой, траекторией в фазовом пространстве. Простые примеры странных аттракторов – устойчивое состояние равновесия и устойчивый предельный цикл – замкнутая фазовая траектория, к которой стремятся все близкие траектории. Предельный цикл отвечает режиму периодических автоколебаний системы. Все точки фазового пространства, из которых траектории приходят к одному аттрактору, называются бассейном аттрактора. Его геометрическое описание позволяет перейти к анализу топологии фазового пространства.

Нерегулярные странные аттракторы устроены как канторово множество, которое нигде не плотно и существуют интервалы, с ним не пересекающиеся. Поэтому динамика систем на траектории их функционирования по направлению к аттрактору обычно хаотична, бифуркационна [4, 42]. Каково бы ни было первоначальное состояние системы, ее динамика может быть описана траекторией, идущей из точки, которая представляет собой начальное состояние системы, к странному аттрактору, который нерегулярен и выражает финальное состояние системы в пространстве [10, 21].

Одним из самых известных и востребованных в прикладных исследованиях является *странный аттрактор Лоренца* [37]. Он объясняет притягивающее множество траекторий системы на фазовом пространстве, которое по виду идентично случайному процессу. Странный аттрактор Лоренца является стохастическими автоколебаниями, которые поддерживаются в открытой динамической системе за счет внешнего источника. Траектория странного аттрактора Лоренца никогда не пересекает саму себя. Модель Лоренца является реальным примером динамических систем с хаотическим поведением, в отличие от искусственно сконструированных отображений. Странный аттрактор Лоренца отличается от всех фазово-пространственных аттракторов тем, что неизвестно, где на нем точка, характеризующая систему в данный момент времени. Две точки на аттракторе, которые в один момент времени находятся рядом друг с другом, могут быть сколь угодно далеко друг от друга в следующий момент времени. Единственным ограничением является то, что состояние системы остается на аттракторе. Для сложных этноприродных систем странный аттрактор Лоренца важен в

² В общей теории систем под динамикой вообще понимается изменение состояния системы. Но при изучении природных систем, в ландшафтоведении изменение состояния системы (геосистемы) бывает трех видов – функционирование, динамика, эволюция. Не вдаваясь здесь в детали, следует сказать, что функционирование – это текущее изменение состояния системы, динамика кратковременные изменения состояния системы без изменения ее инварианта (общей структуры), эволюция – долговременные изменения состояния системы с изменением ее инварианта, т.е. полная ее трансформация.

том смысле, что решает задачи, в которых небольшое изменение приводит к большим последствиям.

Гетероклинический *странный аттрактор Боуэна* находит решение для открытой динамической системы, в которой у начальной точки роста странного аттрактора отсутствуют временные средние, и нет меры на фазовом пространстве системы, к которой стремится распределение траекторий типичных начальных точек (точки) из какой-либо области. Множество точек, для которых происходит такое стремление, называется бассейном притяжения [8]. В 70-х годах XX века Руфус Боуэн разработал применение эргодической теоремы Гаррета Биргхгофа для динамики открытых систем [5]. Она утверждает, что для динамической системы, сохраняющей меру, и интегрируемой по этой мере функции на пространстве для почти всех начальных точек соответствующие им временные средние сходятся. Если же инвариантная мера динамической системы эргодична³, то временное среднее для почти всех начальных точек равно пространственному. Ее можно отнести как в целом к сложной этноприродной системе, для которой описаны только начальные и конечные состояния, так и к ее промежуточным состояниям. Р. Боуэн исследовал топологические и метрические свойства классических динамических систем, удовлетворяющих условию гиперболичности (периодические траектории, энтропия, инвариантные меры) и перенес их на открытые системы.

Странный аттрактор Боуэна представляет собой векторное поле на плоскости, имеющее две особые точки-седла, исходящая сепаратриса (траектория динамической системы с двумерным фазовым пространством, стремящаяся к положению равновесия) каждого из которых оказывается одновременно входящей сепаратрисой другого. На собственные значения седел накладываются ограничения, гарантирующие, что любая траектория, стартующая внутри «сепаратрисного двуугольника», будет к этому «двуугольнику» стремиться [24]. Поэтому достаточно определить меру на каком-нибудь классе множеств, чтобы затем экстраполировать ее на все множество, порожденное этим классом, т.е. на всю траекторию аттрактора, при известных условиях существования множества в конечной точке траектории. Странный аттрактор Боуэна способен найти решение для функционирования таких сложных этноприродных систем, для которых известны сам аттрактор, точка его начальной траектории и конечная точка притяжения. Но не известны промежуточные состояния и не определены промежуточные точки, в т.ч. точки бифуркации и бассейн притяжения. Если в процессе развития часть состояний в этноприродной системе теряется, то решение аттрактора Боуэна можно найти с помощью канторова множества [23],

³ Эргодичность — специальное свойство динамических систем, состоящее в том, что в процессе эволюции при переходе из одного состояния в другое почти каждое из этих состояний с определенной вероятностью проходит вблизи любого другого состояния системы. Для эргодических систем математическое ожидание по временным рядам должно совпадать с математическим ожиданием по пространственным рядам. То есть для определения и расчета параметров системы можно долго наблюдать за поведением одного ее элемента, а можно за очень короткое время рассмотреть все ее элементы (или достаточно много элементов). В обоих случаях получаются одинаковые результаты, если система обладает свойством эргодичности. Преимущество эргодических динамических систем в том, что при достаточном времени наблюдения такие системы можно описывать статистическими методами.

которое автоматически учитывает недоступность части состояний такой открытой динамической системы.

Странный аттрактор Эно [16]. Мишель Эно в 80-е годы XX века искал простейшие двумерные квадратичные отображения открытых динамических систем со сложной динамикой. При этом он отталкивался от простейших одномерных логистических отображений. Бифуркационное дерево [44], созданное при решении странного аттрактора Эно, демонстрирует не только рождение устойчивого 2-цикла из неподвижной точки, но и весь каскад бифуркаций удвоения периода. Оно иногда скачкообразно «разбухает» и в этногенезе этому соответствует пассионарный толчок. Странные аттракторы Эно интерпретируются как образы, закодированные в виде автоволн – волновая память системы. Задача об идентификации странных аттракторов Эно решается путем сличения образов, когда изображающие точки притягиваются к некоторой сложной слоистой структуре [20]. Если просмотреть отдельные фрагменты такого странного аттрактора, то обнаруживается, что он весь состоит из отдельных «нитей» и областей пустого пространства. Странный аттрактор Эно обнаруживает фрактальные свойства. Он показывает, что даже простые предсказуемые системы могут демонстрировать в установившемся режиме функционирования нерегулярную непериодическую динамику. Система в этом случае становится диссипативной, и можно будет изучать только ее аттракторы. Это упрощает моделирование, поскольку нет необходимости следить за всеми изображающими точками. Достаточно выбрать одну из них, выполнить определенное число итераций, чтобы эта точка «вышла» на аттрактор, а затем определить траекторию ее движение и получить портрет аттрактора [9].

Странный аттрактор Милнора – это наименьшее по включению замкнутое множество, к которому стремится траектория типичной начальной точки [38]. Джон Уиллард Милнор разрабатывал дифференциальную топологию в открытых динамических системах и рассматривал такие структуры на многообразиях, у которых для любой пары точек можно найти идентичные окрестности. Он установил, что при наличии у открытой динамической системы нескольких аттракторов, траектория ее движения, в смысле – динамики, будет стремиться к наименее сложно устроенному из них. Для этноприродных систем такой странный аттрактор будет не наименее сложно устроенный с точки зрения математики, а наиболее понятный для лиц, управляющих этой системой, для носителей ее пассионарности, пассионариев, предводителей.

Странный аттрактор Плыкина [40]. Ромен Васильевич Плыкин в 90-х годах XX века рассматривал пример динамической системы на диске, максимальный аттрактор которой гиперболичен. Он строится как фактор диффеоморфизма тора, который сохраняет точки неподвижными для отображения. Таким образом можно построить коммутирующую конструкцию с диффеоморфизмом, для которого эти точки становятся отталкивающими. Фактор тора по действию инволюции – это двумерная сфера, а соответствующее покрытие – двулистное с ветвлением в четырех точках, спускается до диффеоморфизма сферы с четырьмя отталкивающими неподвижными точками. Перенос одной из этих точек на бесконечность позволяет перейти к отображению диска в себя. Таким образом, решается задача гомеоморфизма растягивающихся странных аттракторов коразмерности 1 в случае, когда многообразие,

порождающее отрывтую динамическую систему, имеет размерность больше 2. В решениях странного аттрактора Плыкина сложные этноприродные открытые динамические системы при движении к определенному аттрактору в некоторый момент времени начинают без видимых на то причин двигаться пока еще в неопределенном точно направлении к группе других родственных между собой аттракторов. Это происходит тогда, когда энергия пассионариев иссякает быстро и они «выключаются из игры», но сама этноприродная система все еще совершает инерционные движения в заданном направлении.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Применение теории странных аттракторов для изучения сложных этноприродных систем рассмотрим на примере развития и становления палеоэкологических сообществ и материальной культуры этносов и народов Прибайкалья в их связи с изменениями природной среды и климата позднеледниковья и голоцена. Исходный фактический материал к тому достаточно полно рассмотрен в имеющейся на сегодня литературе и наших работах [3, 7, 11, 14, 17-19, 22, 25-35, 39, 41]. Он достаточен для того чтобы можно выделить несколько этапов развития (эволюции) или палеоэкологических моделей этноприродных взаимодействий для Прибайкалья (Табл. 1).

Пассионарным толчком для развития первобытных сообществ Прибайкалья в позднеледниковье и формирования прообразов этноприродных систем были изменения в природе. Климат региона стал заметно более теплым и влажным. Аттрактором для социальной организации сообществ послужила необходимость совместного добывания пищи и выращивания потомства. Хотя развитие сообществ-систем происходило достаточно хаотично, тем не менее, их синергетическая структура быстро формировалась, хотя достаточно быстро и разрушалась. Фазовое пространство траекторий движения сообществ-систем было очень широким с большим количеством динамических траекторий. Оно может быть описано в решениях странного аттрактора Плыкина, а отдельные промежуточные периоды развития найдены в решениях странного аттрактора Боуэна как канторово множество, связанное с обилием точек притяжения.

На новом этапе этногенеза Прибайкалья пассионарным толчком для развития этноприродных систем на границе палеолита и неолита в раннем голоцене послужило формирование ландшафтно-природных условий, способствующих оседлому образу жизни. Это стало главным аттрактором для этноприродных систем, чему способствовало налаживание сложных обратных связей в социумах, переход к их родоплеменной синергетической структуре.

Те сообщества, которые на предыдущем этапе накопили достаточное количество пассионарной энергии, выбрали всего несколько траекторий движения в очень узком фазовом пространстве, описать модель которых можно с помощью странного аттрактора Милнора. Выделялись две основные траектории: 1) движение к оседлой жизни на побережье оз. Байкал и рыболовство; 2) движение к оседлой жизни в предгорьях и охота. Пассионарии активно увлекали за собой основное население, что

вело к количественному росту родовых общин и обусловило создание крупных постоянных поселений.

Таблица 1. Геохронология и периодизация этапов антропогенного освоения Прибайкалья.

Этапы	Геохронологическая шкала	Палеогеографические условия	Археологическая шкала	Виды антропогенного воздействия на ландшафты
Мухорский	Поздний плейстоцен – ранний голоцен (15000-8500 лет назад)	Тундры на водоразделах и склонах, лесотундры в долинах, низкое увлажнение	Палеолит-мезолит до 6500 лет до н.э.	Охота, собирательство
Серовский	Средний голоцен – атлантическая – начало суббореальной стадии (8500-4000 лет назад)	Леса на водоразделах, степи и лесостепи в долинах, тепло- и влагообеспеченность выше современной	Неолит 6500-2000 лет до н.э.	Охота, собирательство, рыболовство
Глазковский	Поздний голоцен – суббореальная стадия – начало субатлантической (4000-2200 лет назад)	Разреженные леса на водоразделах, лесостепи на склонах, степи в долинах, холодно и сухо	Бронза 2000 – 200 г.г. до н.э.	Незначительная вырубка лесов на побережье Байкала, охота и рыболовство, собирательство
Курумчинский	Поздний голоцен – первая половина субатлантической стадии (2200-1000 лет назад)	Ландшафты и климат идентичные современным	Раннее железо 200 г. до н.э. – 1000 г.г. н.э.	Сплошная вырубка лесов, распашка земель, ирригационные сооружения в долинах и на склонах, пастбища, добыча железной руды, охота, рыболовство
Хоринский	Поздний голоцен – вторая половина субатлантической стадии (1000-350 лет назад)	Ландшафты идентичные современным, климат немного холоднее и суше	Позднее железо 1000-1650 г.г.	Незначительная вырубка лесов вблизи поселений, охота и рыболовство, скотоводство
Бурятский	Фаза малого ледникового периода голоцена (350-80 лет назад)	Ландшафты идентичные современным, климат значительно холоднее и суше	Этнографическая современность 1650-1930 г.г.	Незначительная вырубка лесов, скотоводство, пастбищные и сенокосные угодья, охота и рыболовство, прокладка дорог

В них происходило социальное расслоение на три группы людей: 1) носители и «добытчики» пассионарной энергии этноприродной системы – вожди, военачальники, герои сражений, путешественники и открыватели новых ресурсов для жизни; 2) проводники и «хранители» пассионарной энергии – шаманы, предсказатели, старейшины, искусные мастера-ремесленники, наиболее умелые в процедурах организации хозяйства и быта женщины; 3) прочее население.

Бронзовый век в Прибайкалье приходится на суббореальный период голоцена и характеризовалась значительным уменьшением тепло- и влагообеспеченности ландшафтов. Это явилось мощным пассионарным толчком для сплочения межродовых общин. Старая синергетическая структура сложных этноприродных систем разрушилась, приток энергии извне прекратился. В тех системах, которые еще отчасти сохранили ее, произошла бифуркация: 1) населяющие предгорья охотники стали осваивать новые земли в попытках сохранить прежние навыки жизнеобеспечения, для чего стали перемещаться на северо-восток из Прибайкалья в бассейн р. Лены; 2) населяющие прибрежные районы оз. Байкал рыболовы остались в прежних поселениях, но стали объединяться для создания новой стратегии развития, в т.ч. и с племенами, ориентированными на охоту. Эти новые палеоэкологические модели находят решения с помощью странного аттрактора Эно. Первые группы людей, уйдя на север в тайгу, создали впоследствии синергетическую основу для формирования эвенкийского и якутского этноса. Вторые, оставшись на побережье оз. Байкал, создали три основных траектории движения своих систем к аттракторам: 1) основанная на рыболовстве и промысле морского зверя; 2) основанная на охоте; 3) основанная на комплексном хозяйстве.

Именно синергетическая структура последних этноприродных систем оказалась наиболее жизнеспособной в Прибайкалье, поскольку фазовое пространство их динамики (в геосистемном смысле) было сведено к минимуму – прогресс на основе инноваций, а сами системы двигались по нелинейным траекториям, описание которых возможно с помощью странного аттрактора Лоренца. Эти этноприродные системы стали накапливать пассионарную энергию за счет разнообразных и умелых механизмов адаптации к тяжелым условиям среды обитания, суровому климату и скудным природным ресурсам. Это вызвало существенный креативный подъем в межродовых этноприродных системах на уровне отдельных персон и всего коллектива. Любые инновации и достижения в приемах и механизмах природопользования и социальной организации активно поддерживались проводниками и «хранителями» пассионарной энергии.

Эпоха раннего железа (II век до н.э. – X век н.э.) в Прибайкалье известна по артефактам курумчинской культуры (наиболее яркий пример сложной этноприродной системы) и приходится на субатлантическую стадию потепления и увлажнения климата в позднем голоцене. В этноприродных системах произошел принципиальный переход от присваивающей охотничье-рыболовецкой и собирательной экономики к планомерному производящему хозяйству, что определило коренные изменения характера природопользования. Пассионарный толчок к развитию курумчинской этноприродной системе был дан мигрировавшими в Прибайкалье тюркоязычными скотоводами и земледельцами из приенисейских степей Хакасии. Они принесли с

собой новую материальную культуру, но, одновременно, восприняли специфику этноприродных взаимодействий и духовную культуру местного населения. Плодом этого специфического культурного и экономического слияния было новое этногенетическое ядро. Оно обеспечило новый источник энергии, ресурсов для жизнедеятельности, сформировало новую синергетическую структуру зарождающегося курыканского этноса.

Палеоэкологическая модель этноприродных взаимодействий курыкан – это открытая динамическая система, которая находилась вдали от термодинамического равновесия, но имела жесткую систему управления своей синергетической структурой, которая опиралась на проводников и «хранителей» пассионарной энергии. Управление процессами и поддержание динамического равновесия в этой сложной системе было основано на принципе обратной связи, когда на базе полученных обратных сигналов система в лице своих пассионариев корректировала траекторию своего движения, а при частном отклонении старалась вернуться к наиболее короткому пути достижения устойчивости. Последующая самоорганизация и саморегулирование системы опирались на принцип положительной обратной связи, согласно которому изменения, появляющиеся в системе, накапливаются и усиливаются, что приводило к возникновению нового ее порядка и структуры. Таким образом, фазовое пространство траекторий странных аттракторов этноприродной системы курыкан было волевым путем сильно заужено пассионариями для как можно более долгой диссипации энергии. Такая модель этноприродной системы должна была обладать строго лимитированным количеством взаимодействующих элементов, иметь некоторые критические размеры, иначе бы самоорганизация этноприродной системы курыкан не наступила.

Понимание определяющей роли планомерной эксплуатации природных ресурсов, обрабатывающего хозяйства в общественном развитии позволило курыканам шагнуть далеко вперед. Прагматизм экономики создал жесткую, но эффективную систему ведения хозяйства, природопользования. Появилась строгая модель управления этноприродными взаимодействиями в такой сложной системе на основе не только планомерной эксплуатации известных природных ресурсов, но и постоянной разведке новых, за счет чего территория проживания этноса постоянно увеличивалась. Скотоводческо-земледельческое хозяйство способствовало появлению регулярного прибавочного продукта и возможности концентрации его в руках отдельных родов и семей, в основном их вождей. Начался процесс формирования феодальных отношений. Появились основы государственности, торговля (как меновая, так и денежная), прототипы городов, обозначились отношения периферии и центра, возникла политическая власть.

Упорядоченность в столь сложной этноприродной системе курыкан была жестко детерминирована. Аттрактор системы был четко определен и не подвергался сомнениям – формирование самостоятельного феодального государства. Но пассионарии не учитывали и не могли учесть на том уровне прогноза природных и социальных явлений небольших изменений в других социально-этнических, этноприродных и природных системах, с которыми они постоянно взаимодействовали. Странный аттрактор Лоренца позволяет объяснить, почему эти небольшие,

незначительные с виду изменения привели к трагическим для курыкан последствиям. Палеоэкологическая модель их разветвленной этноприродной системы была создана для условий далеких от термодинамического равновесия, и в определенный момент элементы этой системы стали когерентными, т.е. стали действовать согласованно, обнаруживая характеристики, не присущие отдельному элементу (подсистеме), которые разрушили всю систему.

В VIII-IX веках, когда была достигнута в некотором смысле слова «совершенная» синергетическая структура сложной этноприродной системы курыкан (ее не нарушило даже китайское наместничество), начался пока еще незаметный процесс невосполнимой диссипации энергии. Первоначальный пассионарный импульс привел в действие колебательный характер диссипации энергии, что обусловило нарастание амплитуды колебаний. Поскольку фактор-поле по И.Р. Пригожину был некоторое время стабильным, то после нарастания амплитуды наступил период автомодельных гомологичных (тождественных) состояний. Когда же он прекратил сообщать этноприродной системе энергетические импульсы, то после некоторого ее критического состояния начало происходить затухание амплитуды колебаний (аналогичных автомодельных состояний). Это повышало энтропию и вело систему к гомеостазу. А согласно теореме Н.Н. Боголюбова о функциях распределения, при приближении системы к состоянию равновесия поначалу разрушаются именно когерентные связи, а потом уже связи, определяемые энергетическими факторами, в нашем случае – притоком пассионарности. Увеличение размера и разупорядоченности этноса-системы привело к росту масштабов корреляций. Они стали задействовать все большее число элементов, на все больших расстояниях, в течение все большего промежутка времени. Поэтому однажды хватило малого воздействия для нарушения такой сложной корреляции.

Решения нелинейной динамики сложной этноприродной системы курыкан на базе странного аттрактора Плыкина позволяет понять определенную странность в ее поведении. Точка притяжения странного аттрактора системы была выбрана правильно, но на заключительных этапах траектории движения не были просчитаны промежуточные состояния, которые бы сохранили синергетическую структуру и не позволили системе переориентироваться на движение к гомеостазу. По Боуэну возник слишком широкий бассейн притяжения и ложные точки, на которые переориентировалась траектория движения всей системы к прогрессивному странному аттрактору, появился ложный аттрактор. Именно радужное, желанное, но ложное представление о развитии отражалось и закреплялось в сознании пассионариев. Реально же движение открытой динамической неравновесной этноприродной системы курыкан с некоторого момента стало поступательным, от одной вершины траектории странного аттрактора к другой, т.е. происходило увеличение доли «прошлого движения» и уменьшение доли «будущего». Автомодельные колебания стали затухать. И в момент достижения очередной вершины траектории будущее у поступательного движения совсем «исчезло». Это и стало для этноприродной системы курыкан точкой жесткой бифуркации, неожиданной и трагичной экологической, а затем и социально-экономической катастрофой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, палеоэкологический анализ объектов исследования с использованием теории странных аттракторов наиболее полно раскрыл взаимосвязь между развитием этноприродных систем и ландшафтно-климатическими изменениями, выявил устойчивые ритмы жизнедеятельности и природопользования, показал связь природопользования и состояния жизнеобеспечивающих ресурсов вмещающего ландшафта. Особого внимания заслуживает не только влияние изменений окружающей среды, в первую очередь климата, на этносы, но и изменение характера антропогенного воздействия как ландшафтообразующего фактора в ходе развития этносов. Рассмотрение палеоэкологических моделей этноприродных систем во взаимосвязи с эволюционно-динамическими изменениями природной среды раскрывает адаптивные стратегии природопользования для позднеледниковья и голоцена, являющиеся наиболее продуктивными и адекватными для конкретных ландшафтных обстановок.

Использование теории странных аттракторов для моделирования сложных этноприродных систем и взаимодействий опирается на теорию конструирования моделей прошлого, на исследование социумов и культур разных исторических эпох в их динамике, пространственном и временном сопряжении, в выявлении их связи с природными условиями, функционированием, динамикой и эволюцией окружающей природной среды, ландшафтов. Поставленные в статье вопросы и полученные данные могут стимулировать региональные исследования исторического опыта этноприродных взаимодействий. Это позволит более четко определить наиболее существенные моменты для экономического, территориального и ландшафтного планирования в Байкальском регионе сегодня и в будущем. Их реализация позволит выделить и обосновать механизмы функционирования устойчивых этноприродных систем, которые послужат основой для разработки и апробации перспективных стратегий природопользования в других регионах и административных единицах Российской Федерации, обеспечит сплоченность, упорядоченность и соподчиненность административно-территориальных, социально-экономических и политических структур современного общества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анищенко В.С. Знакомство с нелинейной динамикой. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008. – 224 с.
2. Арнольд В.И., Афраймович В.С., Ильяшенко Ю.С. и др. Теория бифуркаций // Современные проблемы математики, Т. 5. – М.: Изд-во ВИНТИ, 1986. – С. 132-170.
3. Асеев И.В. Юго-Восточная Сибирь в эпоху камня и металла. – Новосибирск: Изд-во ИАЭт СО РАН, 2003. – 208 с.
4. Бабин А.В. Вишик М.И. Аттракторы эволюционных уравнений с частными производными и оценки их размерности // Успехи математических наук. – 1983. – Т. 38., Вып. 4. – С. 133-187.
5. Биргхгоф Г., Барти Т. Современная прикладная алгебра. – М: Мир, 1976. – 400 с.
6. Боголюбов Н.Н. Избранные труды. Т. 1. Нелинейная механика. Дифференциальные уравнения. Вариационное исчисление. – Киев: Наукова думка, 1969. – 465 с.
7. Борисова О.К. Ландшафтно-климатические изменения в умеренных широтах Северного и Южного полушарий за последние 130 000 лет. – М.: ГЕОС, 2008. – 264 с.

8. Боуэн Р. Методы символической динамики. – М.: Мир, 1979. – 248 с.
9. Гонченко А.С., Гонченко С.В., Шильников Л.П. К вопросу о сценариях возникновения хаоса у трехмерных отображений // Нелинейная динамика. – 2012. – Т. 8, № 1. – С. 3-28.
10. Городецкий А.С., Евзеров И.Д. Компьютерные модели конструкций. – Киев: Факт, 2005. – 344 с.
11. Горюнова О.И. Серовские погребения Приольхонья. – Новосибирск: Изд-во ИАЭТ СО РАН, 1997. – 112 с.
12. Гумилев Л.Н. Эволюция или диссипация? // Известия РГО. – 1990. – Т. 122, Вып. 1. – С. 32-39.
13. Гумилев Л.Н. Этногенез и биосфера Земли. – М.: Рольф, 2001. – 642 с.
14. Дашибалов Б.Б. Археологические памятники курькан и хори. – Улан-Удэ, 1995. – 191 с.
15. Дегтярев Г.М., Иванов-Ростовцев А.Г., Колотило Л.Г. и др. Модель генезиса и саморегуляции периодических структур в геосферах // Известия РГО. – 1990. – Т. 122, Вып. 3. – С. 220-229.
16. Добрынский В.А. О существовании аттракторов Эно // ДАН. – 2004. – Т. 397, № 4. – С. 442-448.
17. Залкинд Е.М. Присоединение Бурятии к России. – Улан-Удэ, 1958. – 320 с.
18. Зориктуев Б.Р. Прибайкалье в середине VI – начале XIX в.в. – Улан-Удэ, 1996. – 168 с.
19. Зыкин В.С. Стратиграфия и эволюция природной среды и климата в позднем кайнозое юга Западной Сибири. – Новосибирск: Изд-во «ГЕО», 2012. – 487 с.
20. Кащенко С.А., Майоров В.В. Модели волновой памяти. – М.: Изд-во «Либроком», 2009. – 288 с.
21. Колесов Ю.С. Парадоксальные свойства аттракторов волновых уравнений в плоских областях // ДАН. – 2002. – Т. 387, № 3. – С. 318-320.
22. Конопацкий А.К. Древние культуры Байкала. – Новосибирск: Наука, 1982. – 175 с.
23. Корнфельд И.П., Синай Я.Г., Фомин С.В. Эргодическая теория. – М.: Наука, 1980. – 383 с.
24. Кузнецов С.П. Динамический хаос и гиперболические аттракторы: От математики к физике. – Москва–Ижевск: ИКИ, 2013. – 488 с.
25. Кузьмин С.Б. Экологические аспекты этноприродных взаимодействий в Приольхонье и на о-ве Ольхон // Известия РГО. – 2000. – Т. 132, Вып. 1. – С. 58-67.
26. Кузьмин С.Б., Данько Л.В. Палеоэкологические модели этноприродных взаимодействий для обоснования региональных концепций развития: методологический аспект // Известия РГО. – 2001. – Т. 133, Вып. 4. – С. 49-55.
27. Кузьмин С.Б., Данько Л.В., Андреева И.О., Безрукова Е.В. Этапы антропогенного воздействия на ландшафты Приольхонья (Западное Прибайкалье) // Известия РАН. Серия географическая. – 2006. – № 1. – С. 47-60.
28. Кузьмин С.Б., Мехоношин П.А., Данько Л.В. Новые данные о геодинамических обстановках позднеледниковья и голоцена в Прибайкалье // Известия РГО. – 2007. – Т. 139, Вып. 3. – С. 45-52.
29. Кузьмин С.Б., Данько Л.В., Снытко В.А. и др. Новые данные о природных обстановках Прибайкалья в позднем голоцене // ДАН. – 2007. – Т. 412, № 1. – С. 107-111.
30. Кузьмин С.Б., Данько Л.В. Палеоэкологические модели этноприродных взаимодействий. – Новосибирск: Изд-во «ГЕО», 2011. – 187 с.

31. Кузьмин С.Б., Белозерцева И.А., Шаманова С.И. Палеогеографические события Прибайкалья в голоцене // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 12. – С. 62-75.
32. Кузьмин С.Б., Белозерцева И.А., Шаманова С.И. Палеогеографические события Приольхонья в голоцене // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 10, Часть 3. – С. 54-68.
33. Кузьмин С.Б., Данько Л.В. Географические приложения теорий этногенеза // Географический вестник. – 2015. – № 3. – С. 4-12.
34. Кузьмин С.Б., Хлыстов О.М., Мехоношин П.А., Абалаков А.Д., Шаманова С.И. Изучение рыхлых отложений побережья и акватории Малого моря на Байкале для восстановления природно-геодинамических обстановок в позднеледниковье и голоцене // Географический вестник. – 2016. – № 1. – С. 23-36.
35. Кузьмин С.Б., Данько Л.В. Палеоэкологические модели этногенеза // Исторический журнал. – 2016. – № 1. – С. 24-39.
36. Леонов Г.А. Эффективные критерии существования гомоклинических бифуркаций в диссипативных системах // Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика. – 2005. – Т. 13, № 3. – С. 20-26.
37. Лоренц Э. Детерминированное непериодическое движение / Странные аттракторы. – М.: Мир, 1981. – С. 88-116.
38. Милнор Дж. Голоморфная динамика. – М.: Изд-во Удмуртского университета, 2000. – 320 с.
39. Ольхон – край родной. – Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 1997. – 352 с.
40. Плыкин Р.В. К проблеме топологической классификации странных аттракторов динамических систем // Успехи математических наук. – 2002. – Т. 57, Вып. 6(348). – С. 123-166.
41. Сборник документов по истории Бурятии. – Улан-Удэ: БКНИИ СО АН СССР, 1960. – 492 с.
42. Темам Р. Уравнения Навье-Стокса. Теория и численный анализ. – М.: Мир, 1981. – 408 с.
43. Том Р. Структурная устойчивость и морфогенез. – М.: Изд-во «Логос», 2002. – 280 с.
44. Хэссард Б. Теория и приложения бифуркации рождения цикла. – М.: Мир, 1985. – 279 с.

THE EXPERIENCE OF THE USE OF THE THEORY OF STRANGE ATTRACTORS FOR MODELING OF THE COMPLEX ETHNO-NATURAL SYSTEMS

Kuzmin S.B. (Dr. Sci. (Geography), Senior Researcher)

V.B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia; kuzmin@irigs.irk.ru; sergey_kuzmin1966@mail.ru

Abstract. The aim of the research is to use of the theory of strange attractors for the modeling of the complex ethno-natural systems on the base of L.N. Gumilev's teachings about the ethnogenesis. Today, many questions of the paleoecological history of peoples do not find an adequate explanation within the traditional methods of ethnology, anthropology and archeology. Especially it concerns the connection of human communities, their material culture, way of life and technologies with changes in the natural environment and climate. It is methodologically justified the study of paleoecological ethno-natural models in the framework of a compact territory during the Late Glacial and Holocene, when the adaptive mechanisms of ethnogenesis were clearly manifested, and the role of passionaries and the dynamics of passionary energy in ethno-natural systems are clearly traced. Great importance for research has a common system's synergetic approach. As a result, for the territory of the Baikal

Region, with the help of some examples from the theory of strange attractors, it was possible to identify not only the stages of ethnogenesis or ethno-natural models of social development, but also to explain their functioning, dynamics and evolution. Studies were provided with sufficient factual material on changes in the natural environment and climate, as well as material and spiritual culture of the communities for the territory of the Baikal Region. Those are the author's own materials and extensive published and fund's literature. The work begun requires further improvement, including as well with the involvement of new methods, and new objects of research.

Key words: complex ethno-natural systems, paleoecological models, strange attractors, Baikal Region.

REFERENCES

1. Anishchenko V.S. *Znakomstvo s nelinejnoj dinamikoj* [Acquaintance with nonlinear dynamics]. Moscow: LCI Press, 2008, 224 p.
2. Arnold V.I., Afraimovich V.S., Ilyashenko Yu.S. et al. *Teoriya bifurkacij* [The theory of bifurcations]. *Sovremennye Problemy Matematiki – Recent Problems of Mathematics*, vol. 5. Moscow: VINITI Press, 1986, pp. 132-170.
3. Aseev I.V. *Yugo-Vostochnaya Sibir' v ehpohu kamnya i metalla* [South-Eastern Siberia in the era of stone and metal]. Novosibirsk: IAET SB RAS Press, 2003, 208 p.
4. Babin A.V., Vishik M.I. *Attraktory ehvolyucionnyh uravnenij s chastnymi proizvodnymi i ocheni ih razmernosti* [Attractors of evolution equations with partial derivatives and estimates of their dimension]. *Uspekhi Matematicheskikh Nauk – Advances in Mathematical Sciences*, 1983, vol. 4, pp. 133-187.
5. Birgkhoff G., Barti T. *Sovremennaya prikladnaya algebra* [Modern Applied Algebra]. Moscow: Mir Press, 1976, 400 p.
6. Bogolyubov N.N. *Izbrannye trudy. T. 1. Nelinejnaya mekhanika. Differencial'nye uravneniya. Variacionnoe ischislenie* [Selected works. 1. Nonlinear mechanics. Differential equations. The calculus of variations]. Kiev: Naukova Dumka Press, 1969, 465 p.
7. Borisova O.K. *Landshaftno-klimaticheskie izmeneniya v umerennyh shirotah Se-vernogo i Yuzhnogo polusharij za poslednie 130 000 let* [Landscape-climatic changes in the temperate latitudes of the Northern and Southern Hemispheres over the past 130,000 years]. M.: GEOS Press, 2008, 264 p.
8. Bowen R. *Metody simvolicheskoy dinamiki* [Methods of symbolic dynamics]. M.: Mir Press, 1979, 248 p.
9. Gonchenko A.S., Gonchenko S.V., Shilnikov L.P. *K voprosu o scenariyah voz-niknoveniya haosa u trekhmernyh otobrazhenij* [On the Scenarios of Chaos in Three-Dimensional Mappings]. *Nelineinaya Dinamika – Nonlinear Dynamics*, 2012, no. 8 (1), pp. 3-28.
10. Gorodetsky A.S., Evzerov I.D. *Komp'yuternye modeli konstrukcij* [Computer models of constructions]. Kiev: FAKT Press, 2005, 344 p.
11. Goryunova O.I. *Serovskie pogrebeniya Priol'hon'ya* [Serovsky burials of Priolkhon]. Novosibirsk: IAET SB RAS Press, 1997, 112 p.
12. Gumilev L.N. *Evolyuciya ili dissipaciya?* [Evolution or dissipation?] *Izvestiya RGO – RGO News*, 1990, vol. 122, no. 1, pp. 32-39.
13. Gumilev L.N. *Ethnogenez i biosfera Zemli* [Ethnogenesis and the biosphere of the Earth]. Moscow: Rolf Press, 2001, 642 p.
14. Dashibalov B.B. *Arheologicheskie pamyatniki kurykan i hori* [Archaeological monuments of Kurykan and Khor]. Ulan-Ude, 1995, 191 p.
15. Degtyarev G.M., Ivanov-Rostovtsev A.G., Kolotilo L.G. et al. *Model' genezisa i samoregulyacii periodicheskikh struktur v geosferah* [A model of genesis and self-regulation of periodic structures in geospheres]. *Izvestiya RGO – RGO News*, 1990, vol. 122, no. 3, pp. 220-229.

16. Dobryn'skiy V.A. O sushchestvovanii attraktorov Eno [On the existence of Eno attractors]. *Doklady Akademii Nauk – Reports of the Academy of Sciences*, 2004, vol. 397, no. 4, pp. 442-448.
17. Zalkind E.M. Prisoedinenie Buryatii k Rossii [Accession of Buryatia to Russia]. Ulan-Ude, 1958, 320 p.
18. Zoriktuev B.R. Pribajkal'e v seredine VI – nachale XIX v.v. [The Baikal region in the middle of the VI - the beginning of the XIX centuries]. Ulan-Ude, 1996, 168 p.
19. Zykin V.S. Stratigrafiya i ehvolyuciya prirodnoj sredy i klimata v pozdnem kajnozoe yuga Zapadnoj Sibiri [Stratigraphy and the evolution of the natural environment and climate in the Late Cenozoic of the south of Western Siberia]. Novosibirsk: GEO Press, 2012, 487 p.
20. Kashchenko S.A., Mayorov V.V. Modeli volnovoj pamyati [Models of wave memory]. Moscow: Librocom Press, 2009, 288 p.
21. Kolesov Yu.S. Paradoksal'nye svojstva attraktorov volnovykh uravnenij v ploskih oblastyah [Paradoxical properties of attractors of wave equations in plane domains]. *Doklady Akademii Nauk – Reports of the Academy of Sciences*, 2002, vol. 387, no. 3, pp. 318-320.
22. Konopatskiy A.K. Drevnie kul'tury Bajkala [Ancient cultures of Baikal]. Novosibirsk: Nauka, 1982, 175 p.
23. Kornfeld I.P., Sinai Ya.G., Fomin S.V. Ergodicheskaya teoriya [Ergodic theory]. Moscow: Nauka Press, 1980, 383 p.
24. Kuznetsov S.P. Dinamicheskij haos i giperbolicheskie attraktory: ot matematiki k fizike [Dynamic chaos and hyperbolic attractors: from mathematics to physics]. Moskva-Izhevsk: IKI Press, 2013, 488 p.
25. Kuzmin S.B. Ekologicheskie aspekty ehno-prirodnih vzaimodejstvij v Priol'hon'e i na o-ve Ol'hon [Ecological aspects of ethno-natural interactions in Prilokhon Region and Olkhon Island]. *Izvestiya RGO – RGO News*, 2000, vol. 132, no. 1, pp. 58-67.
26. Kuzmin S.B., Danko L.V. Paleoehkologicheskie modeli ehno-prirodnih vzai-modejstvij dlya obosnovaniya regional'nyh koncepcij razvitiya: metodologicheskij aspekt [Paleoecological models of ethno-natural interactions for substantiating regional concepts of development: the methodological aspect]. *Izvestiya RGO – RGO News*, 2001, vol. 133, no. 4, pp. 49-55.
27. Kuzmin S.B., Danko L.V., Andreeva I.O., Bezrukova E.V. Etapy antropogennogo vozdejstviya na landshafty Priol'hon'ya (Zapadnoe Pribajkal'e) [Stages of anthropogenic impact on the landscapes of Priolkhon Region (Western Baikal region)]. *Izvestiya RAN. Seriya Geograficheskaya – RAS News. Geographical Series*, 2006, no. 1, pp. 47-60.
28. Kuzmin S.B., Mekhonoshin P.A., Danko L.V. Novye dannye o geodinamicheskih obstanovkah pozdnelednikov'ya i golocena v Pribajkal'e [New data on the geodynamic conditions of the Late Glacial and Holocene in the Baikal region]. *Izvestiya RGO – RGO News*, 2007, vol. 139, no. 3, pp. 45-52.
29. Kuzmin S.B., Danko L.V., Snytko V.A. et al. Novye dannye o prirodnih obstanovkah Pribajkal'ya v pozdnem golocene [New data on natural settings of the Baikal region in the late Holocene]. *Doklady Akademii Nauk – Reports of the Academy of Sciences*, 2007, vol. 412, no. 1, pp. 107-111.
30. Kuzmin S.B., Danko L.V. Paleoehkologicheskie modeli ehno-prirodnih vzai-modejstvij [Paleoecological models of ethno-natural interactions]. Novosibirsk: GEO Press, 2011, 187 p.
31. Kuzmin S.B., Belozertseva I.A., Shamanova S.I. Paleogeograficheskie sobytiya Pribajkal'ya v golocene [Paleogeographic events of the Baikal Region in the Holocene]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya – Progresses of Modern Natural Science*, 2014, no. 12, pp. 62-75.
32. Kuzmin S.B., Belozertseva IA, Shamanova S.I. Paleogeograficheskie sobytiya Priol'hon'ya v golocene [Paleogeographic events of Priolkhon Region in the Holocene]. *Mezhdunarodnyj zhurnal*

prikladnyh i fundamentalnye issledovaniy – International Journal of Applied and Fundamental Research, 2014, no. 10, part 3, pp. 54-68.

33. Kuzmin S.B., Danko L.V. Geograficheskie prilozheniya teorii ehtnogeneza [Geographical applications of theories of ethnogenesis]. *Geografichesky vestnik – Geographic Bulletin*, 2015, no. 3, pp. 4-12.

34. Kuzmin S.B., Khlystov O.M., Mekhonoshin P.A. et al. Izuchenie ryhlyh otlozhenij poberezh'ya i akvatorii Malogo morya na Bajkale dlya vosstanovleniya prirodno-geodinamicheskikh obstanovok v pozdnelednikov'e i golocene [Study of loose sediments of the coast and the water area of the Small Sea on Lake Baikal for restoration of natural-geodynamic settings in the Late Glacial and Holocene]. *Geografichesky vestnik – Geographic Bulletin*, 2016, no. 1, pp. 23-36.

35. Kuzmin S.B., Danko L.V. Paleoehkologicheskie modeli ehtnogeneza [Paleoecological models of ethnogenesis]. *Istoricheskij zhurnal – Historical Journal*, 2016, no. 1, pp. 24-39.

36. Leonov G.A. Effektivnye kriterii sushchestvovaniya gomoklinicheskikh bifurkacij v dissipativnykh sistemah [Effective criteria for the existence of homoclinic bifurcations in dissipative systems]. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Nelineinaya Dinamikam – News of Universities. Applied Nonlinear Dynamics*, 2005, vol. 13, no. 3, pp. 20-26.

37. Lorentz E. Determinirovannoe neperiodicheskoe dvizhenie [Deterministic non-periodic motion] *Strannyye attraktory [Strange Attractors]*. Moscow: Mir Press, 1981, pp. 88-116.

38. Milnor J. Golomorfnyaya dinamika [Holomorphic dynamics]. M.: Izdatel'skiy Dom Udmurtskogo Universiteta [Publishing House of Udmurt University], 2000, 320 p.

39. Ol'hon – kraj rodnoj [Olkhon is the native land]. Ulan-Ude: Izdatel'skiy Dom Buriatskogo Universiteta [Publishing House of Buryat University], 1997, 352 p.

40. Plykin R.V. K probleme topologicheskoy klassifikacii strannykh attraktorov dinamicheskikh sistem [To the problem of topological classification of strange attractors of dynamical systems]. *Uspekhi Matematicheskikh Nauk – Advances in Mathematical Sciences*, 2002, vol. 57, no. 6, pp. 123-166.

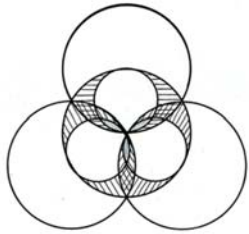
41. Sbornik dokumentov po istorii Buryatii [Collection of documents on the history of Buryatia]. Ulan-Ude: BKNII AS USSR Press, 1960, 492 p.

42. Temam R. Uravneniya Nav'e-Stoksa. Teoriya i chislennyj analiz [The Navier-Stokes equations. Theory and numerical analysis]. M.: Mir Press, 1981, 408 p.

43. Tom R. Strukturnaya ustojchivost' i morfogenez [Structural stability and morphogenesis]. M.: Logos Press, 2002, 280 p.

44. Hassard B. Teoriya i prilozheniya bifurkacii rozhdeniya cikla [Theory and applications of cycle birth bifurcation]. M.: Mir Press, 1985, 279 p.

УДК 159.955



ИНФОРМАЦИЯ, САМООРГАНИЗАЦИЯ, МЫШЛЕНИЕ

Чернавский Д.С. (д.ф.-м.н., проф. МГУ)

ФИАН, Москва, РФ

Аннотация. Обсуждается проблема мышления и образование соответствующего аппарата в эволюции. Для этой цели приведен анализ понятий: информация, ценная информация и генерация информации.

Показано, что мышление в значительной мере сводится к распознаванию образа. Рассмотрен возможный молекулярный механизм такого процесса, показано, что его возникновение в эволюции вполне вероятно.

Ключевые слова: мышление, информация, эволюция, ценная информация.

ВВЕДЕНИЕ

Тема статьи касается механизмов мышления, особенно интуитивного. Как человек мыслит, как принимает решения и как возник аппарат мышления у человека? Существует мнение о том, что современная физика бессильна ответить на эти вопросы. В отличие от предыдущего здесь это мнение ничем не аргументируется (никакие оценки не приводятся), что не мешает ему быть достаточно распространенным.

На наш взгляд проблема здесь не в решении вопроса, а в его постановке. Сейчас ещё четко не сформулировано, какое именно явление (или какой процесс), которое мы называем мышлением, нужно понять (и/или описать) на основе физики. По существу речь идет о механизмах генерации новой ценной информации и её обработки.

Информация – сравнительно новое понятие, которое на наш взгляд пока четко не определено. В большей степени это относится к понятию “ценная информация”.

Поэтому отдельно рассмотрены аспекты, посвященные информации и информатике. В них обсуждаются вопросы о возникновении информации и эволюции её ценности. Там же дается ответ на вопрос: почему в живой природе (и в объектах, созданных живыми существами) понятие “ценная информация” столь существенно, в то время как для описания неживой природы без него можно обойтись.

Вопросы возникновения жизни и мышления выходят за рамки биологии и представляют общенаучный интерес. В последнее время они привлекают внимание физиков, особенно занимающихся нелинейными задачами и проблемами самоорганизации, т.е. синергетиков. Эти вопросы обсуждаются в монографиях крупных ученых [1-4] и обзорах УФН [5-6]. В статье В.Л. Гинзбурга [7] упомянутые в заглавии проблемы отнесены к разряду “великих”. Они являются частью более общей проблемы – физического редукционизма. Последнее означает стремление свести сложные явления природы (в частности живой) к последовательности элементарных событий, описываемых фундаментальными законами физики. Возможно ли это и в какой мере – вопрос открытый. Наиболее остро он встает в случае, когда процесс, описываемый фундаментальными законами физики теряет устойчивость. В развивающихся системах (в частности биологических) потеря устойчивости – необходимое условие развития. Поэтому явление устойчивости (неустойчивости) в таких системах играет фундаментальную роль. Однако, решение этих глобальных

вопросов уже выходят за рамки нашего сообщения, хотя обсуждаемые в нем проблемы тесно связаны с ними.

1. ИНФОРМАЦИЯ И ЕЁ СВОЙСТВА.

Термин *информация* сейчас употребляется весьма часто и в разных смыслах, а ещё чаще – всуе, то есть без всякого смысла. Для иллюстрации приведем коллекцию определений (заимствована из [10] и [11], там же библиография).

В гуманитарных науках этот термин употребляется в смысле “сведения о ...”. (Тот факт, что такое определение представляет собой тавтологию, в данном случае не смущает).

* “информация есть знания, переданные кем-то другим или приобретенные путем собственного исследования или изучения”;

* “информация – это сведения, содержащиеся в данном сообщении и рассматриваемые как объект передачи, хранения и обработки”;

* “информация в обыденном смысле – это сведения, известия, в научно-технических приложениях – то, что имеет на себе сигнал”.

* “информация – это обозначение содержания, полученного из внешнего мира в процессе нашего приспособления к нему и приспособления к нему наших чувств”;

* “информация...– одно из свойств предметов, явлений, процессов объективной действительности, созданных человеком управляющих машин, заключающееся в способности воспринимать внутреннее состояние и воздействие окружающей среды и сохранять определенное время результаты его; передавать сведения о внутреннем состоянии и накопленные данные другим предметам, явлениям и процессам”;

* “информация – объективное содержание связи между взаимодействующими материальными объектами, проявляющееся в изменении состояний этих объектов”;

Наряду с этими и подобными им определениями заметна тенденция связывать информацию со степенью упорядоченности той системы, которая эту информацию получает:

* “информация означает порядок, коммуникация есть создание порядка из беспорядка или, по крайней мере, увеличение степени той упорядоченности, которая существовала до получения сообщения”.

Приводимые ниже определения в известной мере повторяются.

* “информация – есть текущие данные о переменных величинах в некоей области деятельности, систематизированные сведения относительно основных причинных связей, которые содержатся в знании как понятия более общего класса, по отношению к которому информация является подчиненной”;

* “информация – есть знание о каком-то особом событии, случае или о чем-либо подобном”;

* “информацией являются все те данные о внешнем мире, которые мы получаем как путем непосредственного воздействия на наши органы чувств окружающих предметов и явлений, так и опосредованным путем через книги, газеты, рассказы других людей”.

* В проблемах передачи “информацией” называется всякое сообщение или передача сведений о чем-либо, что заранее не было известно”.

В философии популярны дефиниции, содержащие метафорический термин “отражение”:

* “информация в самом общем случае – это разнообразие, которое один объект содержит о другом, это взаимное, относительное разнообразие. С позиций теории отражения информация может быть представлена как отраженное разнообразие, как разнообразие, которое отражающий объект содержит об отраженном”;

* “информация есть отражение в сознании людей объективных причинно-следственных связей в окружающем нас реальном мире”;

* “информация – это содержание процессов отражения”;

* “информация не тождественна отражению, а есть лишь его инвариантная часть, поддающаяся определению, объективированию, передаче”.

* “информация – это философская категория, рассматриваемая наряду с такими понятиями, как пространство, время, материя. В самом общем виде информацию можно представить как сообщение, т.е. форму связи “между источником, передающим сообщение, и приемником, его принимающим”.

Особое место в коллекции определений занимают утверждения о том, что информация – это алгоритм:

“информация... есть план строения клетки и, следовательно, всего организма”. В других модификациях этого определения слово “план” заменяется словом “инструкция”^{*} или “алгоритм” или “оператор”.

* “совокупность приемов, правил или сведений, необходимых для построения оператора, будем называть информацией”.

Обилие определений означает, что общепринятой дефиниции ещё нет. Это не удивительно, поскольку наука об информации (информатика) появилась недавно и сейчас бурно развивается.

Выше мы упоминали о том, что понятие “информация” конструктивно и содержательно в науках о живой природе. В этой области используется определение, данное Кастлером [9].

• Информация есть *запомненный* выбор одного варианта из нескольких возможных и равноправных (Q).

Далее мы будем использовать его и ссылаться на него как на определение (Q) (Quastler [9]).

Слово “запомненный” здесь выделено, поскольку в дальнейшем будет играть важную роль. Оно относится к фиксации информации. Вообще говоря, выбор может и не запоминаться (то есть тут же забываться). Такой выбор называется микроинформацией. Запомненный выбор (в отличие от незапоминаемого) называется макроинформацией.

Слова “возможных и равноправных” означают, что варианты выбора принадлежат одному множеству и априорные различия между ними не велики. В

* Jantsch T. The self-organizing Universe: Scientific and human implications of emerging paradigm of evolution. Oxford etc.: Pergamon press, 1980. P.99-102.

идеале варианты могут быть полностью равноправны и равновероятны (например: “орел” или “решка”), но могут и отличаться. В этом случае слово “равноправные” означает, что априорные вероятности различных выборов – величины одного порядка.

Определение (Q) отличается от предыдущих в следующем.

Во-первых, оно четко, понятно и широко используется в естественных науках [8,9,4,13]. Конструктивность его проверена на многих реальных примерах. Это определение не противоречит предыдущим, когда речь идет о конкретных задачах. Так, определение информации как инструкции или оператора в конкретных случаях сводится к указанию, какой именно вариант возможных действий следует выбрать в том или ином случае.

Во-вторых, согласно этому определению информация предстаёт как нечто конкретное и “приземленное”, ощущение чего-то “сверхестественного и “романтического” в нем отсутствует, исчезает ореол “божественного”. Можно считать это недостатком определения, поскольку именно это ощущение привлекает многих людей и вдохновляет их на подвиги (научные, не научные и лженаучные).

Тем не менее, именно это определение позволяет понять такие тонкие явления как возникновение жизни и механизмы мышления с естественнонаучной точки зрения. Иными словами – построить мост между естественными науками и гуманитарными.

В-третьих, определение (Q) допускает введение меры – количества информации.

Подчеркнем еще одну особенность определения (Q).

Слово “выбор” – отглагольное существительное. Его можно понимать в двух смыслах: как процесс и как результат процесса. Разница примерно такая же, как между судопроизводством и приговором суда. В определении (Q) выбор понимается, как результат процесса, но не как сам процесс. Именно в этом смысле (то есть как “приговор”) оно конструктивно и именно в этом смысле оно используется в реальных задачах.

Однако, информация как результат выбора не мыслима без процесса выбора, как приговор не мыслим без суда. Отнюдь не любой процесс заканчивается выбором, последнее возможно лишь в процессах определенного класса. Поэтому целесообразно ввести понятие “Информационный процесс”, свойства которого мы обсудим позже.

Важную роль играет количество информации.

В случае, когда выбор полностью равноправен, количество информации I определяется как:

$$I = \log_2 n \quad (1).$$

Логарифмическая мера выбрана для удобства, поскольку число различных вариантов “ n ”, как правило, комбинаторно велико, то есть может достигать значений $n \sim 10^{100} - 10^{1000}$. Например, в случае всего 20 различных элементов (аминокислотных остатков) число вариантов (перестановок) будет равно $20!$, что составляет 10^{27} .

Единицу информации называют *битом*; эта единица соответствует простейшему случаю, когда делается выбор одного варианта из двух. Отсюда видно, что выбор логарифма по основанию 2 является наиболее удобной мерой.

Если априорные вероятности выбора i -ого варианта (P_i) не равны ($p_1 \neq p_2 \neq \dots p_i$), хотя и сопоставимы, то

$$I = \sum_i^n p_i \log_2 p_i; \quad i=1,2, \dots, n \quad (2)$$

(при $p_1 = p_2 = \dots = p_n = 1/n$ формула (10) переходит в (9)). Если один из вариантов существенно предпочтительнее остальных, $p_i \gg p_{i \neq i}; p_i \approx 1; p_j \ll 1$, то:

$$I = \log_2 1 + O(p_j) = 0 \quad (3)$$

Отметим, что понятие количества информации было введено Шенноном [13] задолго до определения самой информации, последнее, как упоминалось, до сих пор не общепринято. Поэтому часто понятие "информация" заменяется её количественной мерой. Это приводит к недоразумениям, поскольку информация бывает разная, то есть она имеет ряд важных качеств, которые количественной мерой не отражаются.

О таких свойствах, как макро и микро мы уже упоминали. Кроме того важны такие её качества как: "условная (безусловная)", "новая (не новая)", "ценная (не ценная)", "кодовая" и "смысловая", информация (пока мы употребляем эти термины, апеллируя к интуиции читателя). Часто, это упускают из внимания, полагая, например, что не ценная информация – вообще не информация. Последнее ведет к недоразумениям.

Обсудим эти свойства информации.

i). *Макроинформация* – запомненный выбор одного варианта из нескольких возможных; "запоминание" означает, что сделанный выбор сохраняется в течение времени, которое больше, чем характерное время использования данной информации. Последнее может колебаться от нескольких лет, если информация записана в книге, компьютере, на дискете и т. д., до нескольких секунд.

ii). *Микроинформация* – "незапомненный" выбор одного варианта из нескольких возможных. Это означает, что данный выбор существует в течение не более пикосекунд, а далее "забывается". Примером микроинформации может служить выбор определенного набора координат и скоростей молекул идеального газа в данный момент. Этот выбор в силу неустойчивости движения молекул разрушается (забывается) в течение времени нескольких соударений, то есть в реальных условиях за время

$$\tau_{\text{micro}} \sim \frac{h}{kT} \sim 10^{-13} \text{ сек.} \quad \text{при } T = 300^\circ\text{K.}$$

В течение такого времени ни обработать, ни сделать прогноз на основании микроинформации невозможно. Отметим, что микроинформация связана с физической энтропией. Эта связь основана на том, что понятие физической энтропии имеет смысл только тогда, когда система эргодична, то есть быстро забывает о своем моментальном состоянии и с равной вероятностью пребывает во всех возможных состояниях.

Макроинформация с физической энтропией, вообще говоря, не связана. Изменение макроинформации (увеличение или уменьшение ее) в каком-либо процессе всегда сопровождается увеличением физической энтропии, которое существенно больше изменения макроинформации.

Информация, самоорганизация, мышление

Формулы (1) – (2) равно справедливы как для макро, так и для микроинформации. Однако, количественная разница между микро- и макроинформацией оказывается очень большой.

В случае макроинформации число n - число устойчивых состояний системы. В случае микроинформации n – полное число состояний, не обязательно устойчивых, то есть понятие микроскопическое. Приведем пример. Энтропия одного моля идеального газа в состоянии термодинамического равновесия равна

$$S=3/2kN,$$

где $N_a=6,02 \cdot 10^{23}$ – число Авогадро и $k = 1,38 \cdot 10^{-16}$ эрг град – постоянная Больцмана. Энтропия связана с числом микросостояний n соотношением Больцмана: $S=k \ln n$. Откуда:

$$n = \exp\left(\frac{S}{k}\right) = \exp\left(\frac{3}{2} N\right), \text{ то есть очень велико.}$$

Если известны в данный момент времени скорость и координаты всех частиц газа (то есть выбрано одно определенное микросостояние), то количество микроинформации равно:

$$I = \log_2 a = \frac{S}{k} \log_2 e = 1.44 \frac{S}{k} \quad (4)$$

Формула (12) известна как соотношение между микроинформацией и энтропией.

Оценим теперь количество макроинформации в сосуде с газом. Рассматриваемая система имеет единственное устойчивое стационарное состояние – термодинамически равновесное ($n=1$). Поэтому количество макроинформации в ней равно: $I_{\text{макро}} = \log_2 n = 0$. Отсюда видно насколько макро и микроинформация отличаются друг от друга не только количественно, но и качественно.

Во всех реальных информационных процессах используется макроинформация (запоминаемая). Микроинформация используется главным образом в теор-физических спекуляциях по поводу “демона Максвелла”.

Поэтому далее под информацией мы будем понимать только запоминаемую информацию и приставку “макро” опустим.

iii). *Условная и безусловная (объективная) информация.* Примером условной информации является информация о языке, в частности, алфавит, словарь, грамматика и т.д. Действительно, это информация нужная для общения в данной соции, использующей данный язык, возникла в результате условной договоренности. Условность этой информации подчеркивается тем, что в другой языковой соции принят другой язык, который в принципе может быть не хуже и не лучше первого.

Научная терминология также является условной информацией. Допустим, астроном открыл новую звезду, определил ее расстояние до Земли, светимость и т.д., но не предложил название. Эта информация объективна (безусловна). Другой астроном ничего не открыл, но предложил название новой звезде (информация условная).

Название было принято, закрепилось и при этом честь открытия была приписана предложившему название. Из сказанного следует, что даже в точных науках роль условной информации не мала.

Отделить условную информацию от безусловной не всегда просто. Здесь играют роль следующие обстоятельства.

Первое. Условная информация имеет тенденцию к унификации, что естественно, поскольку при этом возрастают ее ценность.

Второе. Унифицированная условная информация часто воспринимается как безусловная. Так, унифицированная на нижнем уровне математика, включающая арифметику, создает мнение о том, что "иначе не может быть". Однако унификация математического аппарата произошла в результате эволюции. При этом были в употреблении варианты символики, отличающиеся от современного.

На более высоких уровнях существует несколько различных вариантов описания одних и тех же объектов: континуальное описание, динамические уравнения, вероятностные модели, клеточные автоматы и т.д. Во многих случаях вопрос о предпочтении того или иного варианта остается открытым. Поэтому выбор математического аппарата – акт генерации ценной условной информации.

Третье. Наиболее интересным и острым остается вопрос об условности (или безусловности) информации в естественных науках. Принято думать, что, изучая природу, мы рецептируем безусловную, вполне объективную информацию. Это действительно так, если речь идет об экспериментальных качественных результатах. Например, факт, что одноименные заряды отталкиваются, а разноименные притягиваются – объективен.

Однако, интерпретация этого факта и даже представление его в виде закона Кулона содержит элемент условности. Действительно, здесь уже использован определенный математический язык (алгебра). Тот же закон мог быть изложен на другом языке (алгоритмическом или в виде компьютерной программы и т.д.). Разумеется результаты должны совпадать так же, как и изложение одного и того же утверждения на разных языках.

iv). Часто выделяют *кодovou* и *смысловую* информацию. Так для составления предложения, имеющего смысл, необходимо использовать алфавит, словарь, грамматику и т.д. (т.е. использовать код), хотя сам по себе код никакого смысла не несет. Иными словами, кодовая информация необходима для рецепции, генерации и передачи смысловой, то есть является базой для смысловой информации. Существует специальный термин – *тезаурус*, – означающий базовую информацию, без которой смысловая не может быть воспринята.

В биологии смысловая информация означает, например, способность белка избирательно катализировать ту или иную реакцию. Эта способность определяется первичной последовательностью, которая, в частности, определяет способность взаимодействовать с кофактором, ингибитором и т.п.

Ясно, однако, что без кода и системы биосинтеза белка, построение современной системы функциональных (имеющих смысл) белков было бы невозможно, даже при наличии соответствующей информации в ДНК.

v). *Новая* информация – выбор из многих вариантов, который ранее не был сделан. Она может быть как безусловной, так и условной. В обоих случаях термин *новая* воспринимается интуитивно. Существует утверждение о том, что новое – хорошо забытое старое, и оно имеет под собой почву. Точнее, *новое*, как правило, возникает на стыке наук, которые пользуются разными языками (кодами).

Так, например, слово *мать* в русском языке имеет вполне определенный смысл и новым не является. Напротив, слово *mutter* (на немецком означающее то же, что слово *мать* на русском) для большинства русских является *новым*.

Можно привести аналогичные примеры и в точных науках. Так метод стационарных концентраций был известен в химии достаточно давно (и широко в ней использовался). Однако в математике идея этого метода была воспринята как *новая*, поскольку излагалась на *химическом*, а не *математическом* языке. В математике этот метод был признан лишь после доказательства теорем (Тихоновым и Понтрягиным) и известен теперь как "теорема Тихонова".

2. ЦЕННОСТЬ ИНФОРМАЦИИ.

Ценность информации зависит от *цели*, с которой эта информация используется. Слово “цель” здесь выделено, поскольку оно заслуживает специального обсуждения.

Существует несколько предложений количественного определения ценности информации.

Первое принадлежит Бонгарту и Харкевичу [15,16]. Оно удобно в случае, когда априорная вероятность достижения цели P^{in} , то есть вероятность достичь цель без получения (и/или генерации) информации, очень мала ($P^{in} \ll 1$). Тогда ценность информации i -ого типа равна:

$$V_i = \log_2 \frac{P_i^{fin}}{P^{in}}; \quad (5)$$

где P^{fin} – вероятность достижения цели после получения (и/или генерации) информации i -ого типа. Логарифмическая мера ценности здесь также удобна, поскольку $P^{in} \ll 1$, в то время как P^{fin} может достигать значений порядка единицы.

Ценность информации может быть как положительной, если $P^{fin} > P^{in}$, так и отрицательной, если $P^{fin} < P^{in}$. В последнем случае она называется *дезинформацией*.

Наконец, каждый человек получает информацию вообще не имеющую отношения к данной цели, и, следовательно, имеющую нулевую ценность. Количество такой информации не мало.

Существует информация которая, на первый взгляд, ни для кого и никогда не может стать ценной. Пример: в тексте наборщик переставил буквы так, что текст потерял всякий смысл. Количество информации сохранилось, но ценность его для кого бы то ни было, стала равна нулю.

Так появляется понятие “осмысленность”. В отличие от “ценности” это понятие претендует на объективность, что основано на следующем положении: можно выделить определенное количество информации, которая никогда ни для кого ни для какой либо цели не понадобится. Тогда эту информацию называют лишенной смысла.

Объективность критерия основана на утверждениях: “ни для кого, никогда, ни для какой цели”.

Утверждение сильное, абсолютное и, как таковое, конечно, не верное. Так, в приведенном примере можно сказать, что абракадабра, которую сотворил наборщик содержит ценную информацию для психиатра, цель которого - поставить наборщику диагноз. Поэтому утверждение “ни для кого” следует принимать: ни для кого среди людей, которых интересует смысл текста и ничего более. Однако, и в этом случае осмысленность текста зависит от тезауруса. Так, например, наборщик набрал слова “трах-тибидох-тах-тах”. На первый взгляд это бессмыслица, однако, люди сведущие знают, что смысл в этих словах есть, поскольку именно с их помощью старик Хоттабыч творил чудеса.

Другой метод определения ценности информации был предложен Стратановичем [17]. Ценность информации измеряется величиной "штрафов" (или затрат), необходимых для достижения цели на выбранном пути. Этот метод удобен, если цель наверняка достижима даже без получения (рецепции и генерации) информации, но временные, трудовые или денежные затраты зависят от выбора пути достижения цели.

В биологии наибольший интерес представляют случаи, априорная реализация которых очень мала. Такова, например, ситуация в проблеме происхождения жизни, биологической эволюции и т.п. Поэтому мы в дальнейшем будем пользоваться для оценок ценности информации выражением (5).

vi). *Цель* – понятие привычное, применительно к человеческому обществу. В упомянутых работах [15, 16] цель считалась заданной извне и происхождение её не обсуждалось. Такая ситуация встречается довольно часто. Например, инженер, создающий новую машину, выбирает варианты конструкции. При этом цель – выполнение машиной заданной функцией и ценность выбора определяется этой целью. Если имеется несколько равно приемлемых вариантов, то выбор одного из них является нейтральной (не ценной) информацией. То же относится и к информации, заключенной в участке ДНК, кодирующей белковую последовательность. Здесь цель – выполнение белком его функции. Если замена части аминокислотных остатков на другие не препятствует выполнению функции, то выбор варианта представляет собой не ценную информацию. Именно в этом смысле слова “ценная информация” употреблялись выше в разделах I и II.

В действительности человек может сам ставить перед собой цель. Как правило, для достижения главной цели ставятся цели промежуточные. Иными словами, существует система иерархических уровней, на каждом из которых ставится своя цель.

Поясним это на следующем примере. Учась говорить, ребенок рецептирует информацию о языке от своего окружения. Овладев языком и грамотностью, молодой человек оказывается перед выбором свой будущей специальности. Сделав свой выбор и овладев специальностью, человек в дальнейшем может неоднократно выбирать, в каком направлении приложить усилия. При этом новые выборы возможны только на основе прежних, более ранних выборов. Можно сказать, что каждый раз человек ставит перед собой новую цель. Однако, все они подчинены главной цели – выжить самому и обеспечить жизнь своим потомкам. Поведенческие реакции человека (условные и

безусловные рефлексы) и связанные с ними “желания” подчинены той же цели. Исключения, когда человек ставит перед собой неблагоприятные и не естественные цели, мы обсуждать не будем, хотя таких исключений, к сожалению, не мало.

Возникает вопрос: могут ли другие живые существа (включая простейших) ставить перед собой цель? Ответ известен: главная цель – выживание – имеется у всех живых существ. У человека она, как правило, осознана; у простейших – не осознана, но это не значит, что она отсутствует.

Отсюда ясно, что ценность информации – понятие содержательное и даже необходимое для описания живой природы. Оно связано с важным свойством живой природы – способности живых существ к целеполаганию.

Есть ли цель у неживой природы? По этому поводу существует несколько точек зрения.

Первая в том, что у неживой природы цели нет. Она развивалась в соответствии с законами природы и этого достаточно для описания процессов.

Вторая в том, что у неживой природы и даже у каждой части ее (подсистемы) цель есть и эта цель – достижение своего аттрактора, то есть устойчивого конечного состояния.

Первая точка зрения достаточно распространена среди представителей естественных наук. Согласно ей информация в процессах эволюции неживой природы возникла и накапливалась, но ценность ее была равна нулю, поскольку цель отсутствовала. Иными словами, ценная информация в неживой природе отсутствует.

Именно поэтому понятие “информация” практически не использовалось (да и сейчас редко используется) при описании процессов в неживой природе. Это понятие просто не нужно, и использование его не конструктивно.

Вторая точка зрения на первый взгляд тоже имеет основание. Более того, на заре современной науки люди предпочитали формулировать законы природы телеономически, как стремление к некоторой цели.

Так в механике появился принцип наименьшего действия, эквивалентный законам динамики гамильтоновых систем. В термодинамике второе начало формулировалось как стремление энтропии замкнутых систем к максимуму. В более общем случае обсуждалось стремление динамической системы к аттрактору, как ее цель.

Эти подходы были (и остаются) конструктивными в случае, когда решение динамической системы единственно (при заданных условиях) то есть аттрактор один и он заранее предопределен.

Если движение неустойчиво, и конечных состояний (аттракторов) может быть несколько, то утверждение “целью является свой аттрактор” лишено смысла (поскольку не известно который из них “свой”).

Приведен пример: можно сказать, что целью тунгусского метеорита была тунгусская тайга (и действительно, какую же еще цель мог преследовать метеорит, будучи тунгусским?). Можно сказать также, что если шарик в рулетке попал в красную лунку, то это и была его, шарика, цель. Ясно, однако, что и то и другое не более чем забавная игра слов.

Таким образом, сформулировать динамическую задачу в форме достижения цели для всей рассматриваемой системы можно, но только в случае, если аттрактор один и попадание в него заранее предопределено. Однако, именно в этом случае информация не возникает. Иными словами, в неживой природе если есть «цель», то нет информации, если возникнет информация, то нет цели.

Возникает вопрос: была ли «цель» (и какая) у объектов промежуточных между живыми и не живыми (т.е. у гиперциклов, о которых шла речь в разделе I) и как возникла способность к целеполаганию? Ответ ясен из предыдущего: в неживой природе могут возникнуть системы удовлетворяющие специальным условиям. В этих системах понятия «информация», «цель» и «ценная информация» становятся конструктивными и содержательными. Примером такой системы является ансамбль гиперциклов. Однако, как только такая система возникает, она становится живой.

Каковы эти условия в общем случае - мы обсудим в следующем разделе.

3. ИНФОРМАТИКА, ЕЁ ПРЕДМЕТ И ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ.

Информатика – наука о процессах передачи, возникновения (исчезновения), рецепции, хранения и обработки информации. В информатике можно условно выделить три направления.

В техническом аспекте информатика включает передачу, кодирование и прием информации.

В прикладном аспекте информатика включает разработку компьютеров, создание программ и т.п., то есть то, что называют Computer Science.

В фундаментальном аспекте информатика включает разделы: возникновение (генерацию) ценной информации, эволюцию ценной информации, извлечение ценной информации (обработка информации), реализацию ценной информации.

Мы обсудим фундаментальные проблемы информатики. Напомним основные понятия.

Выбор, сделанный кем-то и навязанный системе (продиктованный извне), называется *рецепцией* информации.

Выбор, сделанный случайно (или содержащий элемент случайности) является *генерацией информации*. В жизни мы часто сталкиваемся с необходимостью принимать решения в условиях недостаточной определенности. То же происходит в азартных играх типа рулетки. Вопрос о *случайном выборе* важен и в фундаментальных проблемах, таких как "происхождение жизни" (возникновение генетической информации), биологическая эволюция и т.д. Наконец, каждый акт творчества – пример непредсказуемого выбора.

Генерация информации возможна отнюдь не в любой физической системе. Для этого система должна обладать определенными свойствами. Перечислим их, используя термины и понятия теории динамических систем.

1. Система должна быть мультистабильной (по крайней мере, бистабильной). Это означает, что у системы должно быть $n \geq 2$ устойчивых состояний, и может быть осуществлен *выбор* одного из них.

2. Выбранное состояние может считаться *запомненным*, если оно сохраняется достаточно долго. Для этого необходимо чтобы оно было абсолютно

устойчивым (то есть действительные части всех его чисел Ляпунова отрицательны). Такие системы являются *диссипативными*

3. Система должна содержать перемешивающий слой.

В динамической системе перемешивающий слой определяется как область фазового пространства, обладающая следующими свойствами [8, 18]:

(1) Все траектории, выходящие из заданной области начальных условий, попадают в перемешивающий слой;

(2) Внутри перемешивающего слоя поведение траектории хаотично, то есть энтропия Колмогорова достаточно велика, система глобально неустойчива.

(3) Все траектории, попавшие в перемешивающий слой, выходят из него и попадают в динамический мультистационарный слой, в котором существуют, по меньшей мере, два устойчивых стационарных состояния.

(4) От странного аттрактора перемешивающий слой отличается свойством (3).

В системах с перемешивающим слоем можно ввести два понятия: временной и пространственный горизонт прогнозирования. Временной горизонт прогнозирования широко используется в стохастических процессах и представляет собой интервал времени Δt , в течение которого можно с вероятностью, близкой к единице, предсказать состояние системы в момент времени $t + \Delta t$, если оно известно в момент t . По порядку величины $\Delta t = 1/\lambda$, где λ - максимальное число Ляпунова.

Пространственный горизонт прогнозирования δx имеет смысл только в перемешивающем слое; величина δx - интервал начальных условий, которые приводят (с высокой вероятностью) к одному и тому же конечному состоянию.

Если перемешивающий слой достаточно широк, и энтропия Колмогорова в нем достаточно велика, то пространственный горизонт прогнозирования очень мал. Отсюда следует, что, зная начальные условия с точностью Δx (такой, что $\Delta x \gg \delta x$), практически невозможно предсказать, в какое именно конечное состояние попадает система.

Примером системы с перемешивающим слоем может служить китайский бильярд. Он представляет собой шарик, движущийся по плоскости, усеянной штырьками и имеющей две лунки (“красная” и “черная”, см. рис. 1). Движение шарика описывается законами Ньютона с учетом трения. В начале (до первого соударения со штырьком) поведение шарика динамично (входной динамический слой). В середине, когда шарик отражается от штырьков, играющих роль выпуклой отражающей стенки в бильярде Синая, движение шарика хаотично – это и есть перемешивающий слой. В конце, когда движение шарика замедляется, он попадает в область притяжения одной из лунок и скатывается в нее. В этой области поведение шарика снова динамично и предсказуемо (выходной динамический слой). Теми же свойствами обладает рулетка, используемая в азартной игре.

Проследим процесс генерации информации на примере игры в рулетку и покажем, что ценность генерируемой информации изменяется со временем.

Допустим, что игрок делает ставку (то есть выбор), например, на *красное* (то есть генерирует информацию) в начальный момент, а затем с волнением следит за движением шарика.

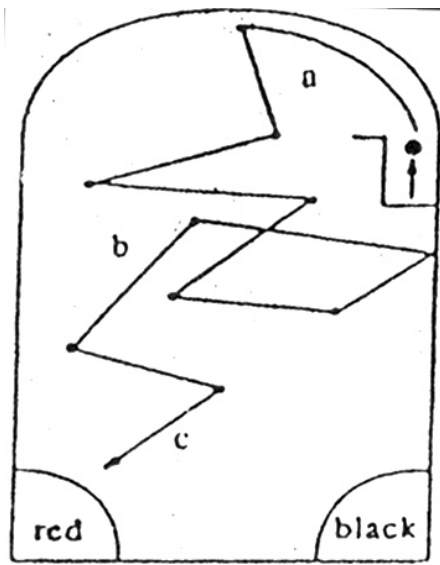


Рис. 1. Схема китайского бильярда (простейшая рулетка); а – входной динамический слой, b – перемешивающий слой, с– выходной динамический режим.

Допустим, что игроку известны уравнения движения и он может определить положение и скорость шарика с конечной точностью в любой промежуточный момент t' . Тогда он может в каждый момент времени оценить вероятность достижения цели $P_{\text{hp}}^{\text{fin}}(t)$, сравнить ее с априорной вероятностью $P^{\text{in}} = 1/2$ и определить ценность своей информации. В начальный момент $t=0$ предсказать результат невозможно и поэтому $P_{\text{hp}}^{\text{fin}}(t=0) = P_{\text{чбп}}^{\text{fin}}(t=0) = 1/2$. Ценность любой информации в этот момент равна нулю:

$$V_{\text{hp}}(t=0) = V_{\text{чбп}}(t=0) = \log_2 \frac{P^{\text{fin}}}{P^{\text{in}}} = 0,$$

то есть в начальный момент генерируется лишь не ценная информация.

В конечный момент, $t' > t_d$, когда шарик уже попал в область притяжения лунки (например, красной), $P_{\text{red}}^{\text{fin}}(t) = 1$ и $P_{\text{bl}}^{\text{fin}}(t) = 0$.

При этом

$$V_{\text{кр}}(t' > t_d) = \log 2 = 1 = V_{\text{max}}$$

$$V_{\text{чеп}}(t' > t_d) = \log 0 = -\infty .$$

В промежуточный момент $t' < t_d$, близкий к выходу из перемешивающего слоя, можно предсказать результат с вероятностью, которая отличается от нуля, единицы и половины. Например, $\frac{1}{2} < P_{\text{red}}^{\text{fin}}(t) < 1$ и $0 < P_{\text{bl}}^{\text{fin}} < \frac{1}{2}$.

Тогда ценности будут равны:

$$V_{red}(t \odot \leq t_d) = \log_2 2 \cdot P_{red}^{fin}(t \odot \leq t_d) > 0,$$

$$V_{bl}(t \odot \leq t_d) = \log_2 2 \cdot P_{bl}^{fin}(t \odot \leq t_d) < 0.$$

Отсюда следует, что ценность информации зависит от времени. В начале она равна нулю и затем повышается (или понижается) вплоть до момента выхода из перемешивающего слоя.

В игре допускается делать ставки (генерировать информацию) не только вначале, но и в промежуточные моменты времени, когда шарик уже запущен, но до момента t_{cr} , когда крупье объявляет, что "игра окончена". Опытный крупье выбирает момент t_{cr} в конце перемешивающего слоя, то есть при $t_{cr} \leq t_d$. Однако, если крупье ленив (или пьян), то он может опоздать и произнести роковые слова, когда шарик уже почти в лунке (то есть при $t_{cr} > t_d$). Видя это, игрок может сделать ставку и выиграть наверняка. Однако это уже не генерация ценной информации, а рецепция ее из игровой системы.

Если игрок имеет возможность быстро определять координаты и скорость шарика и быстро вычислять траекторию, то он может сделать ставку в момент $t' \leq t_{cr}$ и с большой вероятностью выиграть. В этом случае можно сказать, что ценная информация частично рецептируется и частично генерируется.

Реально проводить определение координат и вычисление с необходимой скоростью и точностью невозможно. Тем не менее, имея определенный опыт и интуицию это в принципе представляется возможным (выражение "внутренний голос говорит..." в данном случае имеет под собой некоторую почву). Именно это обстоятельство делает азартную игру столь притягательной.

Можно даже сказать, что игра в рулетку это не только игра, но и упражнение в генерации ценной информации. Это упражнение содержит два важных элемента: i) выбор оптимального момента генерации и ii) сбор и обработка (хотя бы на интуитивном уровне) необходимой информации; последнее уменьшает количество генерируемой информации, но увеличивает ее ценность.

Мы остановились на примерах перемешивания и перемешивающего слоя, заимствованных из механики потому, что там они наглядны и хорошо изучены.

В живой природе "игра в рулетку" происходит достаточно часто. Более того, можно сказать, что наличие перемешивающего слоя - необходимое свойство любой живой системы, способной генерировать ценную информацию.

В приведенном примере цель ставилась извне, то есть игроком, но не возникала сама собой в системе (то есть в рулетке). Последнее возможно в динамических системах, удовлетворяющих следующим условиям:

i). Система должна состоять из элементов, каждый из которых обладает свойствами (1–3) упомянутыми выше. Это значит, что каждый элемент находится в одном определенном состоянии (из числа возможных), который выбран случайно и запомнен в нем. Иными словами, в каждом элементе содержится присущая ему (то есть "своя") информация.

ii). Элементы должны обладать свойством самовоспроизведения (автокатализ). Это свойство необходимо для запоминания сделанного выбора на времена, существенно большие по сравнению со временем жизни каждого элемента.

iii). Взаимодействие между элементами с разной информацией должно быть антагонистическим.

В таких системах можно ввести понятие “цель” и сформулировать её в виде [8]:

Цель каждого элемента – сохранение своей информации.

Это утверждение является обобщением принципа борьбы за существование, но может быть распространено и на промежуточные системы, удовлетворяющие условиям (i) – (iii). Рассмотренная выше система из первичных гиперциклов обладает этими свойствами.

В неживой природе можно указать примеры систем, удовлетворяющих каждому из приведенных условий в отдельности, но не всем им вместе. Каждое из условий можно описать на физико-химическом языке, что и было сделано выше на примере возникновения гиперциклов.

Сформулировав цель, можно проследить эволюцию ценности возникающей в ней информации. Рассмотрим это на примере выбора единого кода.

Случайный синтез комплекса ДНК-репликаза и соответствующих этому комплексу адапторов – реализация одного из вариантов кода, то есть генерация информации. Каждый из таких комплексов – носитель своей информации. При взаимодействии каждая популяция стремится сохранить свою информацию и это является её целью (но не целью всей системы).

С одной стороны это не более, чем краткое описание физико-химических процессов, приводящих к антагонистическому взаимодействию.

С другой стороны это обобщение принципа борьбы за существование. Действительно, положение: *Целью является сохранение своей информации* можно распространить не только на живые существа, но и на неживые объекты, обладающие специальными свойствами и способными стать живыми (например, гиперциклы).

Такое определение цели можно распространить и на поведение человека в обществе. При этом слова “*своя информация*” следует понимать не только как унаследованная, но и как информация, приобретенная и созданная человеком в течение его жизни. Тогда эта цель охватывает не только желание человека выжить и дать потомство, но и стремление его к познанию и творчеству.

Проследим на примере взаимодействия гиперциклов эволюцию ценности информации. В начале, когда все популяции представлены одинаково, ценность любой информации равна нулю, поскольку апостериорная вероятность выжить (после образования популяции, то есть выбора варианта кода) P^{fin} равна априорной P^{in} .

По мере вытеснения других популяций какой-либо одной повышается вероятность сохранения своей информации именно этой популяции. Её информация становится более ценной. В конце процесса, когда остается одно чистое состояние, соответствующая этой популяции информация становится наиболее ценной.

В этот момент можно сказать, что цель всей системы совпадает с целью её элементов. Однако, смысл этих слов таков же, как и утверждения, что целью тунгусского метеорита была тунгусская тайга.

4. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ПРОЦЕССА МЫШЛЕНИЯ И ПРОБЛЕМА ЕГО ВОЗНИКНОВЕНИЕ.

Центр тяжести проблемы мышления в другом – нужно сформулировать, что, собственно, мы хотим описать на физическом языке, какое именно явление представляется нам загадочным и необъяснимым. Именно этот вопрос обсуждается в упомянутых выше монографиях [1-4] и обзорных статьях [5, 6]. Задача ещё не решена, и мы обсудим возможные пути её решения. Вопрос о том, как возник аппарат мышления целесообразно обсудить после этого.

Претендовать на определение “мышления” мы не будем, но перечислим основные его свойства и покажем, что каждое из них (и даже все вместе) могут быть сведены к цепи физико-химических процессов.

Более того, мы покажем, что математические модели таких процессов сейчас уже существуют и успешно работают. Для этого нам придется сделать экскурс в теорию распознавания и теорию нейросетей (нейрокомпьютинг).

i). Процесс мышления протекает в нервных сетях высших животных и в первую очередь человека. В науках о реальных нейросетях – нейрофизиологии и нейрохимии – сделано очень много: известно как формируются и распространяются нервные импульсы, известно как они передаются от нейрона к нейрону и т.д. Всё это описано в учебниках и специальных монографиях [19], однако, вопрос как человек мыслит (особенно интуитивно) в этих науках пока остается открытым.

ii). При мышлении происходит обработка информации, как уже имеющейся, так и поступающей извне. Результатом обработки является прогноз поведения окружающих объектов, как живых, так и не живых.

iii). Конечным результатом мышления является принятие решения, то есть выбор одного из нескольких возможных вариантов дальнейших действий (иными словами – информация). Ценность этой информации зависит от цели. Последняя может быть либо поставлена перед человеком, либо сформулирована им самим, то есть мышление – свойство систем, способных к самополаганию цели.

iv). На каждом этапе мышления происходит как рецепция информации, так и генерация новой. Последнее связано с творчеством, поэтому творчество является частью мышления.

v). Принято различать мышление логическое и интуитивное.

При логическом мышлении используется однозначный алгоритм, что возможно, когда исходной информации достаточно для принятия однозначного (единственно верного) решения. Творчество в этом случае сводится к выбору оптимального пути получения результата, но не к самому результату. Последний фактически уже содержится в алгоритме (то есть в аксиоматике) и начальных условиях.

Интуитивное мышление основано на ассоциациях, аналогиях и прецедентах. К нему прибегают, когда исходной информации недостаточно для принятия решения, или когда сам алгоритм допускает разветвления и, следовательно, неоднозначен. Это имеет место в случае неустойчивости процесса принятия решения.

Интуитивные прогнозы реализуются с высокой, но не стопроцентной вероятностью. Их достоверность (или убедительность) зависят от многих тонкостей

(признаков), которые часто ускользают из внимания. Построение убедительного интуитивного вывода – искусство.

В реальной жизни интуитивное мышление преобладает, то же можно сказать и о гуманитарных науках и об искусстве. Важно, что в естественных и точных науках роль интуитивного мышления не мала [20].

Принято думать, что к логическому мышлению способен только человек, но не животные. К интуитивному мышлению способны как люди, так и животные, поскольку им тоже приходится принимать решения. Поэтому часто логическое мышление ставят выше интуитивного, считая его более абстрактным и совершенным.

vi). Мышление, особенно интуитивное, индивидуально. Известно, что разные люди решают задачи распознавания и прогнозирования по-разному. При этом результат может (и должен) совпадать (что, правда, не всегда бывает), но пути достижения результата различны, что и отражает индивидуальность мышления.

При попытке описать эти свойства на физическом языке необходимо использовать теорию распознавания и нейрокомпьютинг.

5. ЭКСКУРС В ТЕОРИЮ РАСПОЗНАВАНИЯ.

Основы теории распознавания были заложены в работах Бонгарта [15], Кронрода, Кунина и Гельфанда (см. [21, 22]). В них обсуждалась, казалось бы, далекая от науки проблема: как мышка узнает кошку. Далее теория распознавания нашла применение во многих прикладных областях, в частности в военном деле, распознавании текстов [23] и особенно в медицинской диагностике [22, 24].

Теория распознавания образа преследует те же цели, что и все другие теории – прогноз поведения наблюдаемого объекта. В остальном – это теория особого типа. В ней отсутствует аксиоматика и логика, вместо этого используются прецеденты. Основой теории служит утверждение: *Если наблюдаемый объект “похож” на уже известный, то его поведение будет сходно с поведением прототипа.*

Что такое “похож” и какова мера “похожести” – это и есть предмет теории.

Требование доказательства утверждения в этой теории тоже отсутствует. Оно заменяется критериями похожести, которые никогда не позволяют вынести полностью однозначное суждение. Тем не менее, теория распознавания рассматривается сейчас как раздел математики. В нем используются свои понятия и термины, обсудим их смысл.

Обучающее множество – набор уже известных прецедентов.

Экзаменуемое множество – набор объектов (или явлений), которые сравниваются с уже известными прецедентами.

Признаки – качественные и количественные характеристики объектов обучающего множества, которые могут принимать как непрерывные значения, так и дискретные. В последнем случае часто используется дихотомическая система, т.е. признак принимает всего два значения: “да” или “нет” (или 0,1 или -1, +1).

Приведем примеры из медицинской диагностики. Признаками являются: температура, биохимические анализы и т.п. (непрерывные признаки), а также группа крови, цвет глаз и т.п. (дискретные признаки).

Пространством признаков называется геометрическое построение, в котором величина каждого признака отложена по своей оси; эти оси, как правило, (но не всегда) ортогональны друг другу. В пространстве признаков каждый элемент множества представлен точкой.

Кластеризация и классификация. Как правило, точки в пространстве признаков распределены не равномерно, но образуют группы (кластеры), отделенные друг от друга областями, где плотность точек мала.

Отделенные друг от друга группы называют классами; описанная выше процедура называется графическим (визуальным) методом классификации. Существуют другие методы (аналитические), которые по существу эквивалентны графическому.

Конъюнкции. Часто классы и разделы между ними в пространстве признаков располагаются не на осях, а в глубине. Тогда можно преобразовать пространство, то есть ввести новые переменные, которые являются комбинациями (линейными или не линейными) прежних признаков. Такие комбинации называются конъюнкциями. В медицинской диагностике признакам соответствуют симптомы, а конъюнкциям – синдромы.

Решающее правило – алгоритм, позволяющий отнести экзаменуемый объект к одному из классов. Если оно сформулировано и при этом число конъюнкций не велико, то задача распознавания упрощается и решается быстро.

Обучение – процедура, приводящая к формулировке решающего правила.

Если пространство признаков заранее выбрано, и обучающее множество составлено из элементов, принадлежащих разным классам, то процедура обучения упрощается. При этом остается проблема составления конъюнкций и формирования решающего правила. Именно так обстоит дело на практических занятиях по диагностике или по систематике (растений и/или животных) при обучении студентов. Такой способ называется обучением с учителем (supervised).

Если ничего не известно, то необходимо использовать всю процедуру; это называется обучением без учителя. Именно так обстоит дело в случае изучения новой флоры и/или фауны и при диагностике новых заболеваний.

Подтверждение используется в случае, когда результат распознавания ответственен. В этом случае процедура распознавания (при заданном решающем правиле) проводится несколько раз. Затем результаты сравниваются и в случае совпадения выдаются как окончательные. В противном случае проводится процедура дообучения и формулируется новое (уточненное) решающее правило.

Внимание – сравнительно новый (в теории) термин, который, помимо житейского, имеет сейчас математический смысл. Как упоминалось, выбор признаков, оценка их значимости и выбор конъюнкций и их весовых коэффициентов часто делается наугад, и затем эти величины уточняются методом проб и ошибок. При этом часто (осознанно или неосознанно) используется предсуществующая информация или информация со стороны.

Вниманием называется выбор упомянутых величин на основе сторонней (и/или предсуществующей) информации (т.е. фактически рецепция этой информации).

Это определение не противоречит житейскому пониманию термина. Так например, совет со стороны: "обратите внимание на такой-то признак" означает, что его вес в конъюнкции должен быть повышен.

Благодаря "вниманию" процесс распознавания может быть существенно ускорен. Однако, есть и обратная сторона: если "внимание" ориентировано ошибочно, то это может привести к ошибочному результату или к отказу узнающей системы.

Сказанное можно иллюстрировать схемой на рисунке 2 (заимствовано из [24]).

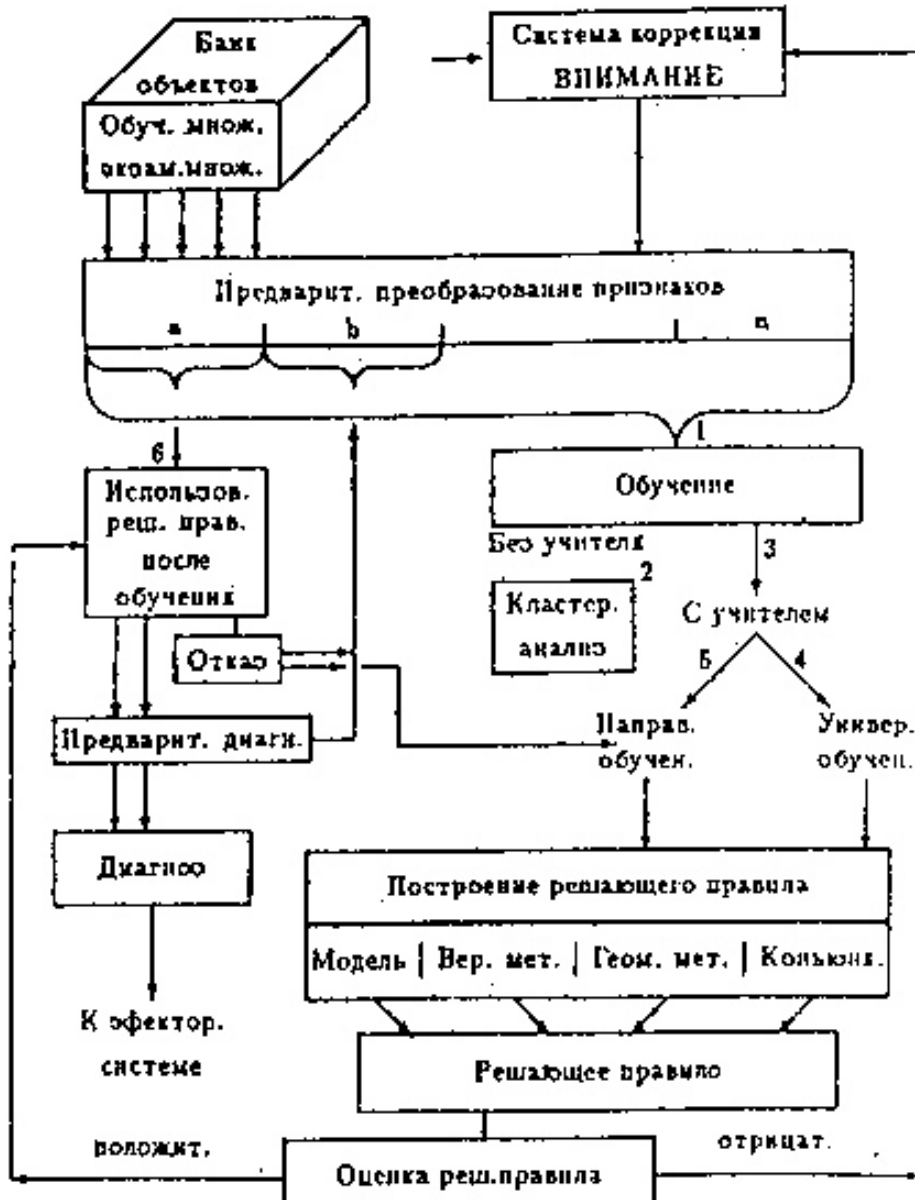


Рис. 2. Блок-схема процесса распознавания образа (диагностики).

На примере схемы 2 уместно обсудить роль логического и интуитивного в распознавании образа. Правая сторона схемы основана на интуиции человека и без него не осуществима. Действительно, исходных признаков достаточно много и число их комбинаций (конъюнкций) факториально велико. При "логическом" подходе необходимо перебрать все конъюнкции, что недоступно ни человеку, ни компьютеру. Реально выбор значимых признаков и их конъюнкций берет на себя врач, используя

свой опыт и интуицию, т.е. путем “прямого усмотрения истины”. Для формулировки решающего правила тоже необходимы интуиция врача и тезаурус программиста, т.е. знание языка, на котором построен конечный алгоритм. Левая сторона схемы – распознавание на основе однозначного алгоритма – может считаться логической операцией. Логическое распознавание имеет ряд преимуществ, но и ряд недостатков.

Во-первых, при этом нет необходимости делать переборы, что существенно ускоряет процесс.

Во-вторых, решающее правило позволяет провести интерполяцию внутри обучающего множества. При этом множество признаков, объектов и диагнозов из дискретного переходит в непрерывное.

В-третьих, появляется возможность экстраполировать решающее правило за пределы обучающего множества. Экстраполяция всегда содержит гипотетический элемент. Иногда он оказывается оправданным и тогда логическое распознавание дает большие преимущества. Иногда он не оправдан и тогда логическое распознавание ведет к ошибке. При интуитивном распознавании объектов вне данного множества человек обращается к другим обучающим множествам и проверяет, действует ли там то же решающее правило. Этот путь более длинный, но и более надежный.

В-четвертых, логическое распознавание допускает тиражирование, т.е. передачу решающего правила другим людям и использование его, минуя стадию обучения. Примером того являются учебники по медицинской диагностике.

В-пятых, при формулировке решающего правила происходит свертка информации, количество её уменьшается (поскольку детали опускаются), но ценная информация сохраняется. Для запоминания её нужен меньший объем памяти. Можно сказать, что решающее правило выглядит как абстракция по сравнению с интуитивным распознаванием. Это важно, когда человек имеет дело сразу с несколькими обучающими множествами. Запомнить процедуры распознавания во всех них практически невозможно, но запомнить решающие правила – задача реальная. Более того, в этом случае набор решающих правил можно рассматривать как некое супермножество и сформулировать решающее правило, которое будет играть роль единой теории, охватывающей все обучающие множества.

Подчеркнем, при логическом распознавании новая ценная информация не возникает, происходит лишь обработка рецептируемой информации и выделение из неё ценной. Генерация ценной информации происходит в правой, интуитивной части схемы 2.

Распознавание, т.е. отнесение экзаменуемого объекта к определенному классу, имеет смысл, когда число классов дискретно, конечно и каждый класс отличается от других. Например, в медицинской диагностике классы – различные состояния организма.

На языке динамических систем объекты одного множества должны описываться одной мультистационарной моделью. Тогда пространство признаков соответствует фазовому пространству, а классы – разным стационарным состояниям. При этом, сама динамическая модель играет роль решающего правила.

Поясним сказанное на примере из физики – формулировке закона Кулона. В этом случае обучающее множество – дискретный набор пар зарядов: $q_{i,1}, q_{i,2}$, на расстоянии R_i друг от друга. Исходное пространство признаков включало: величины зарядов, расстояние R , размеры объектов, несущих заряды r и т.п. Целью “диагноза” было определение силы \vec{F}_i , возникающей между зарядами.

В обучающем множестве было выделено два класса: $R_i \gg r$ и $R_i < r$. В первом классе уже на интуитивном уровне были выделены значимые признаки: $q_{i,1}, q_{i,2}$ и R_i ,

основная конъюнкция: $\frac{q_{i,1}q_{i,2}}{|R_i|^2}$ и сформулировано решающее правило, т.е. закон

Кулона: $\vec{F}_i = \frac{q_{i,1}q_{i,2}}{|R_i|^2} \frac{\vec{R}}{|R|}$. При этом был использован тезаурус – векторная алгебра. Далее

была проведена интерполяция этого правила и дискретное множество наблюдений превратилось в непрерывное множество решений. Была проведена экстраполяция этого правила на большие (астрономические) расстояния – она оправдалась. Была сформулирована гипотеза об аддитивности сил в системах из многих зарядов, Она позволила получить решающее правило для взаимодействия электрических мультиполей чисто логическим путем, оно тоже оправдалось.

Экстраполяция на малые (атомные) расстояния не оправдалась. Пришлось обращаться к другому обучающему множеству, пройти весь путь интуитивного распознавания и сформулировать новое решающее правило – уравнение Шредингера.

Мы остановились на этом столь детально, чтобы продемонстрировать как в теории распознавания интуитивный и логический пути переплетаются и дополняют друг друга. Процесс узнавания может быть автоматизирован с использованием современных универсальных компьютеров.

В последнее время появились специализированные, так называемые нейрокompьютеры, их следует обсудить отдельно.

6. НЕЙРОКОМПЬЮТИНГ.

Нейрокомпьютинг, или, теория нейросетей – новое, бурно развивающееся направление математики и вычислительной техники. Первоначально оно появилось как попытка математического моделирования реальных нейросетей. При этом в качестве модели нейрона был выбран простейший бистабильный элемент. Основное внимание было обращено на связи между элементами. Такая модель оказалась плодотворной в прикладном отношении и стала развиваться самостоятельно. О нейрофизиологии скоро забыли, хотя термины (нейропроцессор, нейрон) сохранились; сейчас они оправданы лишь исторически. С другой стороны многие нейрофизиологи были возмущены подобным упрощением нейрона, ибо реальный нейрон гораздо сложнее бистабильного элемента. В результате сейчас нейрокомпьютинг и нейрофизиология – разные области науки и достижения в одной области, порою, не используются в другой. Вместе с тем, некоторые результаты, полученные в теории нейросетей, имеют принципиальное значение как для нейрофизиологии так и для информатики в целом. В этом разделе мы

кратко изложим основные положения нейрокотьютинга. Представление о современном состоянии можно получить, например, из [25-30].

Простейший нейропроцессор представляет собой пластину, на которой расположены активные элементы (условно называемые нейронами). В простейшем случае это двухпозиционные автоматы, способные находиться в двух состояниях. В частности это могут быть лампочки, которые либо "горят" (первое состояние), либо "не горят" (второе состояние). Активные элементы соединены связями (проводами). Если связанные элементы находятся в одинаковом состоянии, то ток по связи не идет. Если связанные элементы различны, то каждый из них стремится переключить другого в "свое" состояние. При этом по связи идет ток.

В предельном случае каждый элемент соединен со всеми другими. В действительности число связей может быть и меньше, но должно быть все же достаточно большим. Поэтому конечное состояние каждого элемента зависит от алгебраической суммы сигналов, поступающих на него от других элементов: если большинство из них возбуждены, то и он возбуждается, если же большинство из них не возбуждены, то и он "тухнет".

Схема такого процессора представлена на рисунке 3.

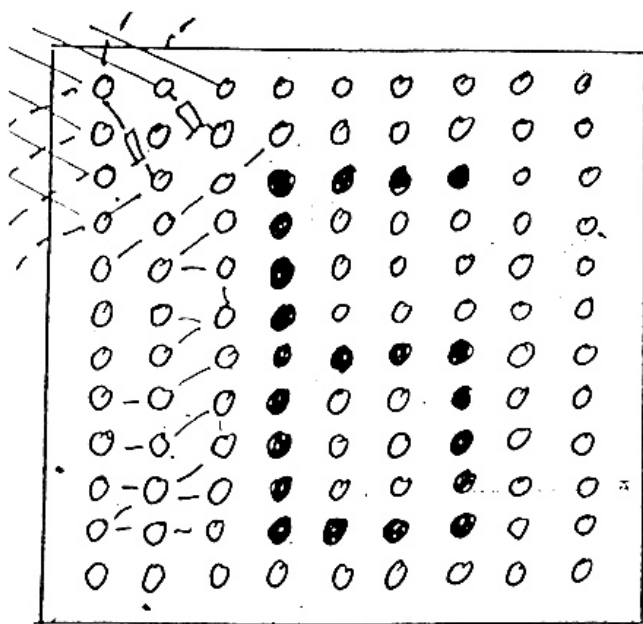


Рис. 3. *Схема распознающего нейропроцессора Хопфилда (пояснения в тексте).*

Каждая связь обладает важным свойством: сила связи необратимо меняется в зависимости от того, течет ли по ней ток. Это достигается за счет специальных устройств (на схеме они изображены прямоугольниками), которые увеличивают сопротивление проводника (т.е. уменьшают силу связи) в случае, когда по нему течет ток.

Предъявление образа или, ввод первичного набора признаков производится следующим образом. В начальный по внешним связям (на схеме они изображены сплошными стрелками) подаются сигналы, переводящие определенные элементы в

активное состояние. (Например, некоторые лампочки зажигаются). Предъявленный образ поддерживается некоторое время, в течение которого связи “обучаются” (то есть проводимость связей, по которым идет ток, уменьшается).

Если начальная совокупность признаков представлена в числовой форме, то необходимо условиться, какая картина горящих лампочек соответствует каждому из образов, то есть необходимо закодировать таблицу признаков. Если вводимая информация представлена в визуальной форме (например, в виде картинки, схемы или портрета), то можно ту же картину представить в форме горящих лампочек.

Устроенный таким образом процессор обладает следующими свойствами.

Во-первых, он способен к обучению. Для этого достаточно предъявить процессору стандартный объект-образец (в форме зажженных лампочек), например, букву "Б" (см. рис. 3) и поддерживать эту картину достаточно долго. При этом связи между горящими и темными лампочками ослабевают и после выключения внешнего сигнала уже не изменяются.

Процедуру нужно повторить, используя каждый раз объекты-образцы для разных классов (например, буквы "А", "Б" и т.д.).

После обучения процессор может распознавать предъявляемые (экзаменуемые) объекты, соотнося их к определенному классу (из тех, которым он был обучен).

Например, при обучении можно использовать портреты различных людей. После обучения предъявляется портрет одного из них, но в неполной и зашумленной форме, то есть в нем некоторые детали опущены (лампочки не горят) и прибавлены лишние (зажжены лишние). Тогда нейропроцессор после некоторой работы выдает полный и чистый портрет, то есть узнает предъявленный образ.

Механизм явления прост, поясним его "на пальцах".

Пусть после обучения процессору предъявлен зашумленный образ "Б", в котором некоторые нейроны, входящие в образ, не возбуждены, и напротив, возбуждены некоторые "лишние" нейроны. Тогда в результате работы процессора недостающие для образа "Б" нейроны будут возбуждены, поскольку их связи с возбужденными нейронами образа достаточно сильны, а связи с невозбужденными нейронами ослаблены. "Лишние" возбужденные нейроны будут "погашены", поскольку их связи с возбужденными нейронами образа "Б" ослаблены, а с другими (невозбужденными) нейронами достаточно сильны.

Проблема "внимания" в нейрокомпьютерах решается следующим образом. К каждому элементу подводится извне специальный проводник (на схеме они представлены пунктирными стрелками). Подаваемые по нему сигналы поступают не на вход элемента, а в другое место, которое регулирует порог возбуждения элемента. Благодаря этому можно сделать систему более восприимчивой к какой-то части образов (или к одному из них) и ослабить внимание к другим.

Рассмотренный выше простейший вариант называется процессором Хопфилда [25]. Он обладает рядом недостатков: в нем трудно реализовать "подтверждение" и трудно организовать направленные потоки информации (поскольку связи симметричны, то есть ток по проволокам может течь как в одну, так и в другую сторону). Сейчас в более совершенных процессорах используются направленные связи (по которым ток течет только в одном направлении) и несколько пластин.

Процедура обучения направленных связей несколько сложнее, чем в процессоре Хопфилда, но принцип остается тот же: связь изменяется, если по ней течет ток.

Подтверждение и повторение можно реализовать в процессоре, содержащем по крайней мере, две пластины. Такой процессор получил название "back propagation". В первой пластине образ распознается и передается на вторую. Там процесс распознавания повторяется с учетом дополнительной информации и возвращается на первую. Это повторяется несколько раз до тех пор, пока образы не совпадут. Связи между пластинами должны быть достаточно сильны и направлены как в одну, так и в другую сторону.

Нейрокомпьютер Гроссберга [26] содержит не менее двух пластин. Первая содержит обученные связи, и в ней происходит собственно распознавание. Информация передается на вторую пластину по межпластинчатым связям (не обязательно обученным). Во второй пластине элементы и связи между ними организованы следующим образом. Каждый элемент имеет связь, замкнутую на самого себя; она обеспечивает самоактивацию элемента. Кроме того, имеются обучаемые тормозящие связи, направленные к другим элементам. Благодаря этому распознанный образ предстает во второй пластине в форме одного элемента в активном состоянии (т.е. в виде одной "горящей" лампочки).

Иными словами, образ автолокализуется в пластине. Этим достигаются следующие преимущества. Во-первых, увеличивается число распознаваемых образов. Во-вторых, уменьшается вероятность ошибочного распознавания. В-третьих, упрощается задача акцентирования внимания на конкретном образе за счет локализации его в пространстве. Упомянутые выше процессы можно описать математическими моделями.

Модель уже обученного нейропроцессора Хопфилда имеет вид:

$$\frac{du_i}{dt} = f(u_i) + \sum_{j \neq i} w_{i,j} \cdot u_j ; \quad (6)$$

где $f(u)$ описывает свойства "нейрона". В простейшем случае, "нейрон" - бистабильный симметричный элемент и тогда:

$$f(u_i) = u_i - u_i^3 ; \quad (7)$$

В стационарных состояниях $u = \pm 1$ (значение $u = +1$ соответствует активному состоянию ("горящей" лампочке) и $u = -1$ - пассивному). Внешние воздействия, необходимые для переключения из одного состояния в другое (то есть пороги переключения) в этом случае одинаковы.

В случае, когда пороги не одинаковы

$$f_i(u_i) = u_i + b_i u_i^2 - u_i^3 ; \quad (8)$$

где параметр b_i регулирует порог переключения i -ого элемента. Изменением величин b_i можно акцентировать "внимание" на том или ином образе. Для этого достаточно понизить пороги переключения в активное состояние тех "нейронов", которые в данном образе должны быть активны.

Величины w_{ij} – силы связей между "нейронами". В процессоре Хопфилда они симметричны, то есть $w_{ij} = w_{ji}$. В простейшем случае все w_{ij} положительны, но различны о величине. При этом каждый "нейрон" стремится переключить другой, связанный с ним, нейрон в "свое" состояние. В целом модель (6) по структуре близка к модели выбора. Отличие в том, что коэффициенты w_{ij} не одинаковы; они формируются в результате обучения.

Модель, описывающая процесс обучения, имеет вид:

$$\frac{dw_{i,j}}{dt} = w^0 \left(1 - \frac{1}{2} \int_0^{\tau} (1 - u_i u_j) \varphi(t) dt \right); \quad (9)$$

где $\varphi(t)$ – положительная, монотонно падающая функция, такая что:

$$\int_0^{\infty} \varphi(t) dt \leq 1; \quad (10)$$

t – время обучения, $w_{i,j}^0$ – начальные значения коэффициентов связи, которые приняты одинаковыми.

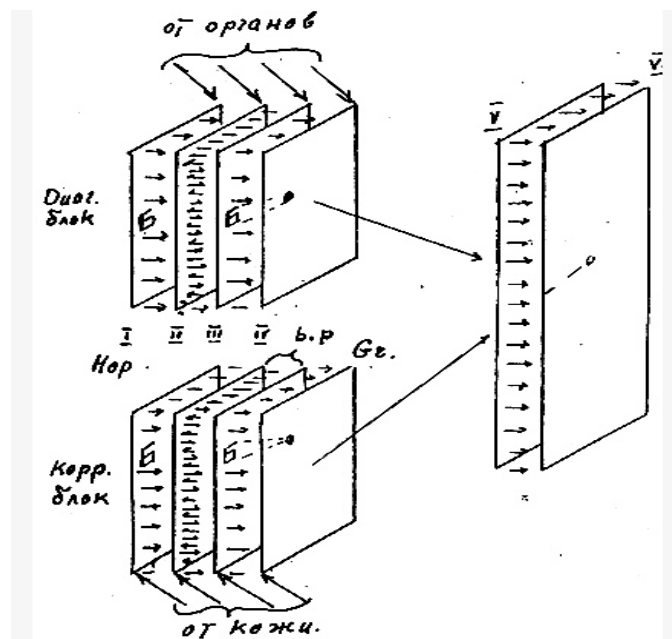


Рис. 4. Оптимальная конструкция распознающего нейрокомпьютера.

Если во время обучения i -ый и j -ый нейроны находятся в одинаковом состоянии ($u_i u_j = +1$) связь w_{ij} не изменяется. Связи между нейронами, находящимися при обучении в разных состояниях, ($u_i u_j = -1$) ослабляются.

Модель обученного процессора Хопфилда обладает важным свойством: в силу симметрии коэффициентов $w_{ij} = w_{ji}$ она может быть представлена в потенциальной форме:

$$\frac{du_i}{dt} = - \frac{\partial U(u_1, u_2, \dots, u_N)}{\partial u_i}; \quad i=1, 2, \dots, N. \quad (11)$$

где N – число элементов и “потенциал” $U(u_1, u_2, \dots, u_N)$ равен:

$$U = - \left[\sum_i \left(\frac{1}{2} u_i^2 - \frac{1}{4} u_i^4 \right) + \sum_{i,j \neq i} w_{ij} u_i u_j \right]; \quad (12)$$

Уравнение (11) имеет механическую аналогию; оно описывает движение шарика единичной массы в вязкой жидкости в потенциальном поле U . Эта аналогия позволяет использовать хорошо известные понятия и образы и применить их к процессу распознавания образа.

Поясним это на примере двумерного пространства ($i=1,2$). Имеется неровная поверхность с лунками и водоразделами – это потенциальная функция $U(u_1, u_2)$,

Задание входного образа соответствует помещению шарика в определенную точку поверхности. Распознавание соответствует движению шарика в ближайшую лунку и остановке его на ее дне. Повышение внимания к образу означает углубление соответствующей лунки, ослабление внимания – уменьшение глубины лунки. Близко расположенные лунки образуют цепь или канал, по которому шарик может под влиянием слабых внешних возмущений переходить из одной лунки в другую. Это означает, что объекты, соответствующие лункам в одном канале чем-то близки друг к другу или ассоциативно связаны.

Изменение “внимания” соответствует изменению глубины лунок и каналов и высоты водоразделов между ними. На языке механической аналогии можно сказать, что изменению “внимания” соответствует вливание в лунки и/или каналы тяжелой жидкости (или удалении ее оттуда). При вливании уровень шарика в лунке повышается, а барьер перескока в соседнюю лунку понижается; “внимание” к образу, соответствующему этой лунке, понижается. При удалении “жидкости” из данной лунки внимание к ней повышается.

Подчеркнем: упомянутые образы, то есть лунки, барьеры, каналы и водоразделы, в реальном процессоре отсутствуют (они присутствуют лишь в фазовом пространстве модели (6)). Тем не менее они адекватно описывают процесс распознавания, поскольку совпадают уравнения (и это уже объективная реальность).

Этот пример показывает, что математическая модель позволяет использовать для описания процесса привычные образы и понятия, которые в данном процессе реально не существуют.

В более сложных процессорах коэффициенты связи не симметричны ($w_{ij} \neq w_{ji}$) и модель не может быть представлена в форме (11). Тем не менее образы: каналы, водоразделы, лунки – продолжают использоваться и в этом случае; лунки в этом случае соответствуют устойчивым стационарным состояниям, а водоразделы соответствуют сепаратрисам. Эти понятия имеют смысл в любой модели, а не только в потенциальной.

Больцмановский процессор (см. [28]) можно рассматривать как модификацию процессора Хопфилда. Процесс распознавания происходит в шумовом поле. Математическая модель близка к (6), но содержит случайные флуктуации, то есть имеет вид:

$$\frac{du_i}{dt} = f(u_i) + \sum w_{ij}u_j + g(t)\xi(t); \quad (14)$$

где $\xi(t)$ – случайная функция времени (шум), g - амплитуда шума.

Введение шума преследует следующие цели.

i). В процессоре Хопфилда возможен ложный ответ, особенно если лунки близки, а начальные условия заданы на водоразделе (сепаратрисе).

Последнее означает, что исходной информации недостаточно для распознавания похожих образов. Необходимо либо затребовать дополнительную информацию, либо рецептировать, либо генерировать ее.

Наличие шума, амплитуда которого $g(t)$ выше барьера между лунками, позволяет поддерживать систему в неопределенном состоянии (оно называется фрустрацией) вплоть до получения (или генерации) дополнительной информации. Амплитуда шума $g(t)$ может меняться со временем (уменьшаться) так, что в конце процесс становится динамическим и шум уже более не мешает распознаванию.

ii). Если на траектории шарика имеются две близкие лунки, то шум способствует попаданию в более глубокую (без шума шарик может застрять в более мелкой).

Глубина лунки зависит от обучения и распределения внимания, поэтому шум способствует реализации "внимания".

Таким образом, больцмановский процессор ускоряет и облегчает распознавание более привычных образов (или явлений) и/или тех, на которые обращено внимание.

iii). Больцмановский шум играет роль перемешивающего слоя, который помогает генерировать ценную дополнительную информацию и/или рецептировать ее из потока, идущего извне. По существу процесс близок к тому, который мы рассматривали при описании игры в рулетку.

Простейшая математическая модель, автолокализации образа, соответствующая принципу Гроссберга имеет вид:

$$\frac{du_i}{dt} = f(u_i) + \alpha \cdot v_i - \sum_{j \neq i} w_{i,j}u_j; \quad (15)$$

$$\frac{dv_i}{dt} = \frac{1}{\tau}(u_i - v_i);$$

Последний член первого уравнения описывает взаимное подавление (аналогичное антагонистическому взаимодействию в модели взаимодействия видов). Коэффициенты $w_{i,j}$ изменяются в процессе обучения, также как и в процессоре Хопфилда. Второе уравнение описывает самоактивацию.

Автолокализация образа имеет следующие преимущества:

В процессоре Хопфилда образ распределен. Например, образу буквы "Б" соответствует множество возбужденных нейронов. В процессоре Гроссберга образ собирается и предстает в виде одного возбужденного нейрона, т.е. происходит его автолокализация. Где именно локализуется данный образ до обучения не известно. Однако, после обучения место локализации фиксируется и далее не изменяется. Иными

словами, исходное не обученное состояние процессора Гроссберга не устойчиво и выбор места локализации образа происходит случайно.

Состояние, в котором образ уже локализован, устойчиво и это упрощает процесс модификации внимания к нему. Для этого достаточно изменить порог возбуждения одного нейрона (в то время как в процессоре Хопфилда необходимо модифицировать порог многих нейронов).

В распознающем нейροкомпьютере используются все упомянутые принципы (парадигмы) и, следовательно, нейροкомпьютер состоит из набора пластин с разными свойствами и функциями.

Подчеркнем, пластинчатая структура не случайна. Дело в том, что каждая из пластин выполняет определенную функцию. Сеть связей между элементами подчинена этой функции. В то же время, почти каждый элемент должен быть доступен для связей с внешним миром и/или с другими пластинами. Двумерная (пластинчатая) организация удовлетворяет этим условиям, в то время как в трехмерном случае (например, вместо пластин – шары или цилиндры) эти условия выполнить практически невозможно.

В принципе можно реализовать те же идеи не на физических элементах, а в биохимическом компьютере. Такие попытки делаются (пока на уровне идей и разработок). При этом в качестве "нейронов" используются иммобилизованные белки-ферменты, способные существовать в двух (и более) состояниях (см. [30]).

Используя модели (6-10) и (13,14) можно реализовать принципы нейрокомпьютинга на обычных (универсальных) компьютерах. Такой подход сейчас широко используется и называется "эмуляцией". При этом преимущества параллельного счета сохраняются, но каждую обучаемую связь приходится представлять в форме специальной программы. В нейропроцессоре каждая связь представлена в виде аналогового элемента, что обеспечивает экономию материала и объема.

Сопоставим процессы в нейрокомпьютере со схемой распознавания 2. Процесс в правой (интуитивной) части, схемы т.е. обучение, выделение значимых признаков и выбор конъюнкций в нейропроцессоре совершаются быстро за счет следующих обстоятельств. Во-первых, они совершаются параллельно и, во-вторых, перебор конъюнкций практически отсутствует. Подходящую конъюнкцию процессор (как и врач-диагност) выбирает путем "прямого усмотрения истины".

Может ли процессор сам (без участия человека) формулировать решающее правило? Ответ не однозначен. С одной стороны в каждом нейрокомпьютере в результате обучения решающее правило возникает, поскольку после этого распознавание совершается быстро. С другой стороны это решающее правило не сформулировано и в каждом компьютере "свое". Последнее неизбежно, поскольку процессы обучения и локализации неустойчивы, место локализации выбирается случайно и в каждом процессоре индивидуально. Проблема передачи "своего" решающего правила другим процессорам остается открытой (хотя исследования в этом направлении ведутся [Ю. Сандлер, частное сообщение]).

В эмуляционных программах математическая модель (6) (с фиксированными связями $w_{i,j}$) является по существу решающим правилом. Однако, при его формулировке используется тезис – язык дифференциальных уравнений, что уже

требует участия человека. Можно тиражировать программу обученного компьютера. Она будет работать на заданном множестве, но к обучению и распознаванию других объектов будет не способна.

Реальные нейросети отличаются от описанных выше нейропроцессоров. Во-первых, реальная нервная клетка – нейрон – сложнее бистабильных элементов. Они могут находиться в нескольких стационарных состояниях, в том числе автоколебательных и даже псевдохаотических [5]. Во-вторых, роль проводников играют отростки нервной клетки: дендриты (через которые нервные импульсы попадают в нейрон) и аксоны (через которые нейрон посылает импульсы в другие клетки. Связи осуществляются через щелевые контакты – синапсы. Импульс в синапсах может передаваться непосредственно (за счет диффузии ионов) и опосредовано (за счет образования и диффузии специальных веществ – нейромедиаторов). Передача сигнала в синапсах происходит преимущественно в одну сторону – от аксона к дендриту. В-третьих, аксоны не пассивные проводники, а активные среды, и сигналы в них передаются в форме автоволн. В-четвертых, сама нейросеть в целом имеет свойства активной среды. В ней могут распространяться автоволны, которые сопровождаются синхронным возбуждением сразу многих нейронов [4]. Ритмические процессы и автоволны в мозге действительно наблюдаются и интенсивно изучаются (см. [4, 5]. Какова их роль в процессе мышления – пока вопрос открытый.

Тем не менее основные свойства – суммирование входящих импульсов и генерация выходящего – в условном нейроне и в реальном одинаковы. Реальная нервная сеть способна к обучению и вниманию. Более того, возможности реализации этих свойств существенно расширены. Так, обучение может происходить за счет переориентации аксон-дендритных контактов. Акцент внимания может быть смещен за счет изменения состава нейромедиаторов. Контрастирование образа может происходить за счет автоволн и т.д.

Однако, с нашей точки зрения эти особенности реальной нейросети, хотя и важны, но принципиальной роли не играют. В ней используются упомянутые выше принципы распознавания, но на более естественном для биологических объектов материале.

В пользу этого положения можно привести пример. В работах [31, 32] исследовался вопрос о свойствах аутодиагностической системы человека. Оказалось, что структура и функции так называемых пластин Рекседа, составляющих серое вещество спинного мозга, удивительно точно (насколько это возможно в нейрофизиологии) соответствуют конструкции оптимального нейрокомпьютера. Имеется распознающая пластина (типа процессора Хопфилда), две пластины типа “back propagation”, пластина, где образ локализуется (типа процессора Гроссберга) и т.д.

Таким образом, каждый этап процесса распознавания в нейросетях живых существ (в том числе человека) можно понять и описать в рамках естественно-научных представлений, используя достижения нейрокомпьютинга. Более того, имеются уже математические модели типа (6-14), демонстрирующие эту возможность.

7. МЫШЛЕНИЕ И РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗА.

Аналогия между этими процессами обсуждалась в [29]. Из изложенного выше также следует, что процесс распознавания образа в нейροкомпьютерах обладает почти всеми свойствами мышления. Действительно, он происходит в нейросетях, у человека – в реальных, в компьютере – в искусственных. Основные принципы функционирования тех и других можно считать одинаковыми. В нем происходит обработка информации. Принятие решения в данном случае сводится к выбору класса (из числа обученных), к которому принадлежит данный объект.

При недостатке информации принятие решения – акт творчества. Для этого в нейροкомпьютере есть все необходимое, включая аппарат рецепции информации, перемешивающий слой (больцмановский шум) и запоминание результата. Момент принятия решения нейροпроцессор умеет выбирать сам. В нейροкомпьютере решение принимается интуитивно.

Каждый нейροкомпьютер индивидуален. Это проявляется на разных стадиях обучения. Так, локализация образа в процессоре Гроссберга происходит в элементе, выбранном случайно. В исходно одинаковых процессорах эти элементы, как правило, не совпадают. Это не мешает работе процессора, но определяет его “индивидуальность”. Тем не менее, остается вопрос: в какой мере мышление может быть сведено к распознаванию? Общеизвестного ответа на этот вопрос пока нет. Поэтому приведем некоторые соображения.

Если цель человека – прогноз поведения окружающих объектов, то мышление с этой целью может быть сведено к распознаванию. Даже если человек встречается с незнакомым ранее объектом, то он стремится отнести его к одному из известных классов обучающего множества (к одному из известных ему образов). В случае удачи это воспринимается, как акт научного творчества.

Если свойства незнакомого объекта не позволяют отнести его к одному из известных классов, но содержат признаки сразу двух классов, то возникает “протрация”. В теории распознавания в этом случае делается вывод: необходимо расширить обучающее множество, пополнить его другими, тоже знакомыми, объектами и выделить в нем соответствующий класс (с принципиально незнакомыми объектами теория распознавания не работает).

Поясним это на примере научного творчества. В каждой научной дисциплине существует свой набор образов, то есть своё обучающее множество. При распознавании незнакомого объекта специалист в первую очередь обращается именно к этому множеству. Расширение этого множества означает включение в него образов из другой (смежной) дисциплины и классификацию расширенного множества. Как правило, после этого удается отнести экзаменуемый объект к одному определенному классу. В современной науке можно привести много успешных примеров такого творчества, особенно в смежных науках.

Однако, часто узкий специалист поступает по-другому, именно, остается в рамках своего обучающего множества, относит объект сразу к двум классам и констатирует наличие дуализма. Фрустрация при этом остается, но люди к ней привыкают. Таким образом, мышление человека в значительной части можно свести к распознаванию образа.

Возникает вопрос: можно ли построить нейрокомпьютер, способный к научному и, возможно, художественному творчеству. Вопрос можно поставить и по-другому: есть ли разница между мышлением человека и искусственного нейрокомпьютера и может ли последний заменить человека? Разница, конечно, есть, она количественная, но очень существенная.

Нейрокомпьютеры специализированы, то есть в каждом из них обучающее множество одно и соответствует его назначению. Нейрокомпьютер не может сам расширить свое обучающее множество, даже если столкнется с “прострацией”. В принципе можно нейропроцессор обучить на двух разных множествах, например, множестве рукописных текстов и желудочных заболеваний. Тогда, столкнувшись с трудностью диагностики, такой процессор может выдать результат: ”экзаменуемый объект равно похож на понос и запор, но более всего похож на почерк шизофреника”. Ответ, конечно, абсурдный, но, согласитесь, что-то интуитивное и человеческое в нем уже есть.

Любой человек в силу необходимости обучается на многих разных множествах. По существу обучающим множеством является вся окружающая действительность в течении всей жизни. Наиболее содержательное обучение происходит в детстве и юности и основано на наблюдениях самого человека, то есть оно индивидуально и происходит “без учителя”.

Профессиональное обучение происходит в ВУЗе (где обучающие множества специализированы) “с учителем”, который формулирует “решающие правила” распознавания (по возможности однозначные). При этом само распознавание (мышление) переходит в разряд логического. Последнее ускоряет и облегчает процесс распознавания, если экзаменуемый объект содержится в профессиональном обучающем множестве. Однако, если он в нем не содержится, то необходимо обратиться к более широкому обучающему множеству (выходящему за рамки профессионального) и найти там образ, соответствующий экзаменуемому. Это уже относится к интуитивному мышлению и воспринимается как акт творчества. Таким образом, искусственный нейропроцессор профессионала (профессора, доктора физ-мат наук и т.д.) заменить может. Однако, ученого - не может.

Мы не касались здесь таких явлений как эмоции и желания и проблем художественного творчества. Разумеется они тоже связаны с мышлением и распознаванием образа. На наш взгляд и эти явления могут быть поняты в рамках естественнонаучного подхода. Однако, эти проблемы уже выходят за рамки предлагаемой публикации.

Итак, модель интуитивного мышления (в оговоренном выше смысле) сейчас уже есть, мы знаем как она устроена и как работает. Осталось разобраться в “деталях”, которые могут оказаться важнее и интереснее, чем мы сейчас думаем.

В заключение обсудим вопрос о возникновении аппарата мышления в эволюции. Нервные клетки есть даже у червей и низших животных. Образование их не было ароморфозом, поскольку способность генерировать электрические сигналы есть у всех клеток и одноклеточных организмов. У нервных клеток эта способность выражена ярче, что возникло, скорее всего, за счет градуальной эволюции. Образование нервной сети можно считать ароморфозом, но не высокой сложности и вполне вероятном.

Увеличение размеров мозга у высших животных позволило включить в процесс распознавания большее число обучающих множеств. Каждое из них давало эволюционные преимущества. Этот этап эволюции, скорее, следует рассматривать как градуальный и проблем с его описанием не возникает. На этом этапе уже можно сказать, что живые существа обрели способность к интуитивному мышлению. Четко датировать появления этого качества невозможно, поскольку оно возникло градуально.

Резкое увеличение размеров головы (и мозга) у человека можно рассматривать как ароморфоз, но тоже не очень сложный и вполне вероятный. Первые особи такого типа появились не среди наиболее приспособленных, а среди маргиналов. Непропорционально большая голова в тех условиях, была, скорее, недостатком. Поэтому такие “уроды” вряд ли сразу имели большие эволюционные преимущества, хотя и обладали повышенной способностью к интуитивному распознаванию. Тем не менее они выжили благодаря способности образовывать коллектив. В книге [33] показано, что скорость роста населения Земли пропорциональна квадрату числа людей (а не первой степени). Такой закон роста можно объяснить коллективным поведением человеческой популяции.

Способность к логическому мышлению и связанные с ним преимущества появились в результате образования коллектива и выработки единого для данной соции языка. Только после этого появилась возможность формулировать решающие правила и оперировать с ними.

Таким образом, способность человека к логическому мышлению появилась не в результате биологического ароморфоза а в результате развития социальных отношений. Специальные “гены” логического мышления на наш взгляд отсутствуют. В них нет необходимости, и вопрос о вероятности их появления не имеет смысла. С другой стороны, как показано в работе [34], рост объема информации в нашу эпоху по-видимому также происходит в режиме с обострением, что еще больше стимулирует и востребует как аналитические (логические), так и синтетические (интуитивные) методы работы с информацией, но уже не на биологических носителях, а на компьютерах --- машинный ароморфоз.

В заключение автор выносит благодарность В.Л. Гинзбургу, Г.Р. Иваницкому, В.И. Гольданскому, Н.М. Чернавской, В.П. Карп, Н.Г. Рамбиди, Буданову В.Г. и Н.И. Старкову за плодотворные обсуждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пригожин И.Р. От существующего к возникающему. – М.: Наука, 1985.
2. Хакен Г. Синергетика. – М.: Мир, 1980.
3. Курдюмов С.П., Князева Е.Н. У истоков синергетического видения мира. Законы эволюции и самоорганизация сложных систем. – М.: Наука, 1994.
4. Кадомцев Б.Б. Динамика и информация. – М.: Ред. журн. УФН., 1997.
5. Иваницкий Г.Р., Медвинский А.Б., Циганов М.А. От динамики популяционных автоволн, формируемых живыми клетками, к нейроинформатике // УФН. – 1994. – № 164. – С. 1041-1071.
6. Абарбанель Г., Рабинович М.И., Селверстон А, Баженов М.В, Хуэрта Р, Сущик М.М., Рубчинский Л.Л. Синхронизация в нейронных ансамблях // УФН. – 1996. – № 166. – С. 363-390.

7. Гинзбург В.Л. Какие проблемы физики и астрофизики представляются сейчас особенно важными и интересными (тридцать лет спустя, причем уже на пороге XXI века)? // УФН. – 1999. – № 169. – С. 419-442.
8. Чернавский Д.С. Синергетика и информация. – М.: “Знание”, 1990.
9. Кастлер Г. Возникновение биологической организации. – М.: Мир, 1967.
10. Мелик-Гайказян И.В. Информационные процессы и реальность. – М.: Наука-Физматлит, 1997.
11. Махлуп Ф. Производство и распределение знаний в США. – М.: Мир, 1996.
12. Блюменфельд Л.А. Проблемы биологической физики. – М.: Наука, 1977.
13. Волькенштейн М.В. Общая биофизика. – М.: Наука, 1978.
14. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. – М.: И.Л., 1963.
15. Бонгарт М.М. Проблема узнавания. – М.: Наука, 1967.
16. Харкевич А.А. Теория информации. Распознавание образов. – М.: Наука, 1973.
17. Стратонович Р.Л. Теория информации. – М.: Сов. Радио, 1975.
18. Колупаев А.Г., Чернавский Д.С. Исследование свойств перемешивающего слоя методом точечных отображений // Краткие сообщения по физике. – 1997. – № 2. – С. 83-91.
19. Блум Ф. Мозг, разум и поведение. – М.: Мир, 1998.
20. Фейнберг Е.Л. Две культуры: интуиция и логика в искусстве и науке. – М.: Наука, 1992.
21. Вайнцвиг М.Н. Моделирование обучения и поведения. – М.: Наука, 1975.
22. Гельфанд И.М., Розенфельд Б.И., Шифрин М.А. Очерки о совместной работе математиков и врачей. – М.: Наука, 1989.
23. Губерман Ш.А. Неформальный анализ данных. – М.: Наука, 1986.
24. Карп В.П. Развитие и применение теории проектирования систем поддержки принятия решений для класса медико-биологических задач. Дисс. д-ра тех. наук. – Москва: МИРЭА, 1999.
25. Hopfield J.J. Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities // PNAS. – 1982. – Vol. 79. – С. 2554-2558.
26. Grossberg S. Studies of mind and brain. – Boston: Riedel, 1982.
27. Kohonen T. Self-organisation and associative memory 2d ed. – New-York: Springer-Verlag, 1988.
28. Hinton G.E., Seinovskiy T.J. in Learning and reminding in Boltzman machines, Parallel distributed processing. – vol. 1. – Cambridge, MA MIT Press 1986. – P. 282-317.
29. Веденов А.А. Моделирование элементов мышления. – М.: Наука, 1988.
30. Rambidi N.G. Biomolecular computer: roots and promises // BioSystems. – 1997. – № 44. – С. 1-15.
31. Чернавский Д.С., Карп В.П., Родштат И.В. Об аутодиагностической системе человеке и ее роли (пластины рекседа как диагностический нейропроцессор) //Радиофизика. – 1994. – Том 37, № 1. – С. 57-77.
32. Родштат И.В., Чернавский Д.С., Карп В.П. Нейрокомпьютинг и реальные нейросети спинального и церебрального уровня // Биомедицинская Радиоэлектроника. – 1999. – № 2. – С. 27-32.
33. Капица С. П. Общая теория роста человечества. – М.: Наука, 1998.
34. Буданов В.Г. Синергетические механизмы роста научного знания и культура. Философия науки. Вып 2. – М.: ИФ РАН. – С. 191-199.

INFORMATION, SELF-ORGANIZATION, THINKING

Chernavskij D.S. (Dr. Sci. (Phys. and Math.))

FIAN, Moscow, Russian Federation

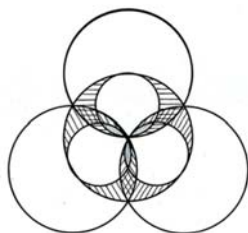
Abstract. The problem of thinking and formation of the corresponding apparatus in evolution is discussed. For this purpose, the analysis of concepts: information, valuable information and information generation. It is shown that thinking is largely reduced to the recognition of the image. The possible molecular mechanism of such process is considered, it is shown that its occurrence in evolution is quite probable.

Keywords: thinking, information, evolution, valuable information

REFERENCES

1. Prigozhin I.R. *Ot sushchestvuyushchego k vznikayushchemu*. M.: Nauka, 1985.
2. Haken G. *Sinergetika*. M.: Mir, 1980.
3. Kurdyumov S.P., Knyazeva E.N. *U istokov sinergeticheskogo videniya mira. Zakony evolyucii i samoorganizatsiya slozhnyh sistem*. M.: Nauka, 1994.
4. Kadomcev B.B. *Dinamika i informatsiya*. M.: Red. zhurn. UFN., 1997.
5. Ivanickij G.R., Medvinskij A.B., Ciganov M.A. *Ot dinamiki populyacionnyh avtovoln, formiruemyh zhivymi kletkami, k nejroinformatike*. *UFN*, 1994, no. 164, pp. 1041-1071.
6. Abarbanel' G., Rabinovich M.I., Selverston A., Bazhenov M.V., Huerta R., Sushchik M.M., Rubchinskij L.L. *Sinhronizatsiya v nejronnyh ansamblyah*. *UFN*, 1996, no. 166, pp. 363-390.
7. Ginzburg V.L. *Kakie problemy fiziki i astrofiziki predstavlyayutsya sejchas osobenno vazhnymi i interesnymi (tridcat' let spustya, prichem uzhe na poroge HKHI veka)?* *UFN*, 1999, no. 169, pp. 419-442.
8. Chernavskij D.S. *Sinergetika i informatsiya*. M.: "Znanie", 1990.
9. Kastler G. *Vzniknovenie biologicheskoy organizatsii*. M.: Mir, 1967.
10. Melik-Gajkazyan I.V. *Informacionnye processy i real'nost'*. M.: Nauka-Fizmatlit, 1997.
11. Mahlup F. *Proizvodstvo i raspredelenie znaniy v USA*. M.: Mir, 1996.
12. Blyumenfel'd L.A. *Problemy biologicheskoy fiziki*. M.: Nauka, 1977.
13. Vol'kenshtejn M.V. *Obshchaya biofizika*. M.: Nauka, 1978.
14. Shannon K. *Raboty po teorii informatsii i kibernetike*. M.: I.L., 1963.
15. Bongart M.M. *Problema uznnavaniya*. M.: Nauka, 1967.
16. Harkevich A.A. *Teoriya informatsii. Raspoznavanie obrazov*. M.: Nauka, 1973.
17. Stratonovich R.L. *Teoriya informatsii*. M.: Sov. Radio, 1975.
18. Kolupaev A.G., Chernavskij D.S. *Issledovanie svojstv peremeshivayushchego sloya metodom tochechnykh otobrazhenij. Kratkie soobshcheniya po fizike*, 1997, no. 2, pp. 83-91.
19. Blum F. *Mozg, razum i povedenie*. M.: Mir, 1998.
20. Fejnberg E.L. *Dve kul'tury: intuiciya i logika v iskusstve i nauke*. M.: Nauka, 1992.
21. Vajncveg M.N. *Modelirovanie obucheniya i povedeniya*. M.: Nauka, 1975.
22. Gel'fand I.M., Rozenfel'd B.I., SHifrin M.A. *Ocherki o sovместnoj rabote matematikov i vrachej*. M.: Nauka, 1989.
23. Guberman Sh.A. *Neformal'nyj analiz dannyh*. M.: Nauka, 1986.
24. Karp V.P. *Razvitie i primenenie teorii proektirovaniya sistem podderzhki prinyatiya reshenij dlya klassa mediko-biologicheskikh zadach*. Diss. d-ra tekhn. nauk. M: MIREA, 1999.
25. Hopfield J.J. *Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities*. *PNAS*, 1982, vol. 79, pp. 2554-2558.
26. Grossberg S. *Studies of mind and brain*. Boston: Riedel, 1982.
27. Kohonen T. *Self-organisation and associative memory 2d ed*. New-York: Springer-Verlag, 1988.
28. Hinton G.E., Sejnowsky T.J. in *Learning and reminding in Boltzman machines, Parallel distributed processing*. Vol. 1. Cambridge, MA MIT Press 1986, pp. 282-317.
29. Vedenov A.A. *Modelirovanie elementov myshleniya*. M.: Nauka, 1988.
30. Rambidi N.G. *Biomolecular computer: roots and promises*. *BioSystems*, 1997, no. 44, pp. 1-15.
31. Chernavskij D.S., Karp V.P., Rodshtat I.V. *Ob autodiagnosticheskoy sisteme cheloveke i ee roli (plastiny rekseda kak diagnosticheskij nejroprocessor)*. *Radiofizika*, 1994, vol 37, no. 1, pp. 57-77.
32. Rodshtat I.V., Chernavskij D.S., Karp V.P. *Nejrokompyuting i real'nye nejroseti spinal'nogo i cerebral'nogo urovnya*. *Biomedicinskaya Radioelektronika*, 1999, no. 2, pp. 27-32.
33. Kapica S. P. *Obshchaya teoriya rosta chelovechestva*. M.: Nauka, 1998.
34. Budanov V.G. *Sinergeticheskie mekhanizmy rosta nauchnogo znaniya i kul'tura. Filosofiya nauki. Vyp 2*. M.: IF RAN, pp. 191-199.

УДК 167.0; 523.2



РАСЩЕПЛЕНИЕ РАЗРЕШЕННЫХ СОСТОЯНИЙ В СЛОЖНОЙ САМООРГАНИЗУЮЩЕЙСЯ СИСТЕМЕ.

ЧАСТЬ I.

Смирнов В. Л. (к. ф.-м. н.)

Санкт-Петербург, РФ

VladimirL.Smirnov@yandex.ru

Аннотация. В сложной самоорганизующейся системе рассматриваются сценарии расщепления узлов – компонент спектра разрешенных состояний, что позволяет в приложении объяснить формирование характеристик планетных орбит в Солнечной системе. Инструментом исследования служит предложенная ранее протоструктура – первичная, по замыслу, система отношений, с помощью которой на числовой оси моделируются ситуации в относительных характеристиках объектов различной природы. Протоструктура состоит из жесткой и мягкой компонент – числовых последовательностей, которые, в свою очередь, состоят из циклов – повторяющихся наборов отношений. Она предназначена для поэтапного исследования эволюции (развёртывания) наблюдаемых самоорганизующихся систем. На основе жесткой компоненты протоструктуры формируется параметр порядка системы n , который подчиняет себе две другие относительные характеристики.

Исследуется процесс согласования двух компонент протоструктуры, в результате которого узлы в одном из её циклов расщепляются и сдвигаются. Каждый из узлов представляется спектром, любая позиция которого интерпретируется как отдельный элемент параметра порядка n , которому подчинена одна из позиций на нижнем уровне иерархии. Устойчивость спектра трактуется как следствие тождественного совпадения узлов, которые относятся к разным узловым конфигурациям и интерпретируются взаимоисключающим образом. Процедура выбора при согласовании узловых конфигураций является поисковой, имеет геометрический характер, учитывает предысторию и моделирует в системе процесс естественного отбора. Анализ неустойчивостей осуществляется по специальной методике. Проводится подробное обсуждение шагов развёртывания системы.

В приложении рассматривается формирование пространственной структуры планетных орбит в плоскости эклиптики Солнечной системы. Исходно роль параметра порядка n играет относительный момент количества движения, который в процессе эволюции трансформируется в спектр параметра порядка n . Позиции названного спектра задают перигелии, афелии и полуоси планетных орбит. Отклонение модельных результатов от наблюдательных данных по расстояниям составляет в среднем 0,06%.

Ключевые слова: эволюция, самоорганизация, параметр порядка, планетные орбиты, моделирование неустойчивостей.

ВВЕДЕНИЕ

Характеристика ситуации. В различных самоорганизующихся системах имеются [3, 17, 18] состояния, которые при моделировании [4] называются разрешенными. Их совокупность образует [18] спектр, с которым, как правило, связывают [3, 16–18] представления о порядке, дискретности, правилах и действующих закономерностях. В сложных системах правила разнообразны, для них характерны [17] как сосуществование, так и конкуренция, в результате чего разрешенные состояния в процессе эволюции (иначе – развёртывания) расщепляются на компоненты, каждая из которых ориентирована на своё правило. При наделении смыслом таких состояний появляется [4, 8] двойная интерпретация. В плане описания указанная ситуация связана с переходом от жесткой

логики (типа *да - нет*) к логике [2] мягкой или лингвистической. Разрешенные состояния и способы их группировки на основе параметра порядка [18] изучены недостаточно.

Если обратиться к конкретному примеру – совокупности планетных орбит в Солнечной системе, то при анализе их происхождения параметры моделей [7] страдают значительной неопределённостью, неясны этапы эволюции, [16] непонятно, почему орбиты столь мало отличаются от круговых.

Для исследования процессов эволюции в различных самоорганизующихся системах [8] предложена модель абстрактной протоструктуры – относительно устойчивой и, согласно замыслу, общей для разных объектов природы формы. Структура трактуется [4] как *сеть*, состоящая из *узлов* – разрешенных состояний и *связей* между ними – правил, ответственных за устойчивость. Группа узлов [18] понимается как спектр. Наличие или изменение связей трактуется как взаимодействие узлов. Структура, имеющая границы, называется системой; приставка прото- (proto- лат.) указывает на первичность, корневой смысл. Протоструктура представляет собой систему отношений, которая моделируется на числовой оси. Она формируется по этапам (или шагам) на основе предложенных правил и в итоге представляется двумя составленными из циклов компонентами, которые в свою очередь состоят из узлов. Одна из компонент именуется жесткой (ЖК), а другая – мягкой (МК). Поскольку компоненты и узлы взаимодействуют между собой, постольку узлы сдвигаются и расщепляются, т.е. спектр деформируется; отношение наибольшей позиции к наименьшей в пределах узла именуется его расщеплением. Протоструктура трактуется [8] как самоорганизующаяся форма, которая [9] задаёт спектр позиций параметра порядка n и пригодна [9–15] для исследования процессов эволюции в Солнечной системе.

Задача работы. Целью настоящей работы является анализ эволюции разрешенных состояний параметра порядка n в пределах цикла 1:10 ЖК протоструктуры. Предполагается выявить расщепления узлов и их сдвиги относительно исходных позиций, которые происходят, если циклическая организация ЖК прекращает своё существование в прежнем виде. В приложении задача понимается как выявление механизма формирования относительных характеристик планетных орбит, а именно перигелиев и афелиев, а также малых и больших полуосей.

Предлагаемое решение. В пределах цикла 1:10 ЖК протоструктуры рассматривается процесс взаимодействия её компонент (ЖК и МК), а также отдельных узлов между собой, в результате которого узлы цикла расщепляются и сдвигаются в поиске наилучшего согласования. Последовательно рассматриваются сценарии эволюции. Основой анализа является учёт предыстории и дополнительно появившегося узла. Все полученные на числовой оси позиции трактуются как спектр разрешенных состояний на уровне параметра порядка n , позиции которого подчиняют себе относительные характеристики одного из расположенных ниже уровней. В приложении элементы названного спектра прямо задают искомые относительные расстояния в плоскости эклиптики Солнечной системы.

2. ПРОТОСТРУКТУРА И ПАРАМЕТР ПОРЯДКА.

Протоструктура. Компоненты протоструктуры [8] представлены на рис.1 и для определённости именуется жёсткой (ЖК) и мягкой (МК). Здесь $\alpha^{-1}=(1+\alpha) = (\sqrt{5}+1)/2=1,618034\dots$ – золотое сечение.

Обе компоненты состоят из циклов – интервалов оси, в пределах которых отношения между узлами систематически повторяются. В случае ЖК любая точка числовой оси имеет две интерпретации, поскольку рассматривается как число a (над осью), так и дополнительное к нему обратное число $1/a$ (под осью). Соответственно узлы цикла ЖК могут одинаково читаться как слева направо (над осью), так и справа налево (под ней). ЖК слева и справа от 1 состоит из подобных циклов – кратных 10 интервалов

числовой оси. Один её цикл содержит 10 узлов, обозначенных в интервале 1:10 индексами $k=1 - 10$, где позиции $k=5$ и $k=6$ расщеплены. Для упрощения некоторые узлы ЖК обозначены только с одной стороны оси. МК также транслируется влево и вправо, её узлы не нумеруются, она основана на повторении отношения $1+\alpha^2$ и содержит 8 узлов в пределах цикла ЖК.

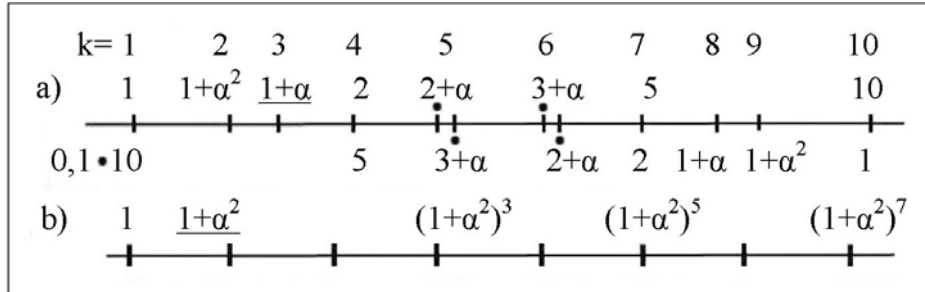


Рис. 1. Протоструктура: а) цикл жесткой компоненты (ЖК), б) мягкая компонента (МК) в пределах указанного цикла ЖК. Масштаб логарифмический, $\alpha^{-1}=1,618\dots$ – золотое сечение. В а) k - индекс узла ЖК, узлы $k=5$ и $k=6$ расщеплены, множитель $0,1$ под ось вынесен влево.

Параметр порядка [9] формируется при объединении двух циклов первичной характеристики r_k/r_1 и трёх циклов также первичной характеристики T_k/T_1 в пределах одного цикла вторичной характеристики n_k , которая трактуется как параметр порядка структуры. При этом циклы задаются ЖК, и на границах циклов имеет место связь $V^2=AC$, которая распространяется на все k -узлы:

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

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

Здесь нормировка r_k и T_k представлена в двух вариантах, из которых далее преимущественно используется ориентированный на $k=3$, что удобно для приложения. Сказанное позволяет говорить об уровнях r - и T -, которые подчинены n -уровню.

Специализация n -позиций. Отдельная позиция n_k может быть представлена [10] как триада $n_k(c_k) - n_k(b_k) - n_k(d_k)$ – аналог *min - opt - max*, т.е. детализирована, а затем специализирована. Специализация означает, что при использовании (1) указанные n -элементы отвечают только за позиции $c_k - b_k - d_k$ соответственно, где последние представляют детализацию на r -уровне. Между указанными позициями вводятся следующие связи, где Δ_k – расщепление k -узла, а e_k – характеристика, ответственная за деформацию на r -уровне:

$$\Delta_k = \frac{n_k(d_k)}{n_k(c_k)} = \sqrt{\frac{d_k}{c_k}}; \quad e_k = \frac{d_k - c_k}{d_k + c_k} = \frac{\Delta_k^2 - 1}{\Delta_k^2 + 1} \quad (2)$$

3. МЕТОДИКА.

Тринитарность [8, 9] является основой подхода; это значит, что выделяются два оппозиционных элемента A и C , которые именуются крыльями, а также объединяющая их базовая позиция B . Можно сказать, что используется принцип дополнительности (при выделении A и C) и принцип совместимости (при обсуждении B).

База обозначается точкой, а крылья концами расходящихся от неё линий (—•—). Элементы оппозиций и триады выделяются в тексте курсивом. Примером триады является *min – opt – max*. Отношение $\Delta=C/A$ при $C > A$ именуется диапазоном узла V или его расщеплением в зависимости от контекста. Например, для ЖК диапазон цикла $\Delta_C=10$, а узлы $k=5$ и $k=6$ характеризуются расщеплением $\Delta_5=\Delta_6=1+\alpha^6=1,055728$.

Взаимодействие. Компоненты и составляющие их узлы взаимодействуют между собой, т.е. между ними устанавливаются связи. Здесь, как правило, используются связи вида $V^2=AC$, например, все узлы цикла ЖК можно разбить на пары с базой $\sqrt{10}$. В процессе эволюции одни связи сохраняются, другие разрушаются, а третьи возникают. Результатом взаимодействия, помимо расщепления на компоненты, является сдвиг $\bar{\Delta}$ – смещение базы узла относительно исходного положения. Деформации сопровождаются неустойчивостями, которые преодолеваются путём компромисса. Предполагается, что узлы, их сдвиги и расщепления взаимозависимы, а связи формируются как последовательно, так и параллельно. Устойчивость узлов трактуется как следствие наращивания связей и участия узлов в разных группах, поскольку увеличение числа ролевых функций отдельных узлов способствует их выживанию. Основой устойчивости являются совпадения узлов, которые относятся к разным узловым конфигурациям. Совпадения [8] понимаются как тождественные равенства, иные случаи оговариваются. Такие ситуации, естественно, ведут к трансформациям и вариантам интерпретации. Например, узел трактуется то, как крыло, то, как база, или основание – узел на оси превращается в расщепление.

Эволюция (развёртывание). Подход ориентирован на исследование эволюции протоструктуры; соответствующий сценарий предлагается как гипотеза. Процедура выбора узлов на любом этапе анализа понимается как поисковая и моделирующая естественный отбор. Она делится на этапы, которые мы здесь не выделяем, а этапы состоят из шагов ($S=1, 2$ и т.д.). Используется циклическая схема *сырьё – продукт*: полученный на некотором этапе (или шаге) результат понимается как продукт, но на следующем этапе (или шаге) рассматривается уже как сырьё, формирующее новый продукт и т.д. Если какая-то возможность используется, то в ходе следующего этапа (или шага) реализуется дополнительная возможность. Мы исходим из того, что в ходе поиска нельзя доказать каждый конкретный шаг, его можно только более или менее логически обосновать. Оценивается только совокупный результат.

Начальный выбор отличается наибольшей неопределённостью. В этом случае используется [8] принцип уникальности: из *общего* всегда выбирается *частное* – то, что, так или иначе, отличается от имеющихся вариантов. Такой подход радикально ограничивает разнообразие и позволяет избежать рассмотрения тупиковых ветвей эволюции. Конечная ситуация при отборе может быть охарактеризована как уникальная и эволюционно зрелая. При выборе мы к ней приближаемся в той или иной степени. Добавим, что одна и та же ситуация [4] рассматривается с разных точек зрения, и при этом мы [6] ориентируемся на предысторию – то, что мы уже имеем. На конечном этапе поиска должна быть выявлена связь расщеплённого узла с каким-либо другим расщеплённым узлом ЖК и с МК.

Термины. Сценарием называется последовательность структурных событий. Симметричным планом именуется ситуация, при которой элементы оппозиции ставятся в равные условия (например, левое и правое направления, прямое и обратное значение числа, скажем, $1,113=1/0,898$). Отношение между двумя узлами называется интервалом и на рисунках обозначается горизонтальной линией. Обозначение вида $k=7$ (5) говорит о том, что позиция узла $k=7$ на числовой оси есть 5. Термины “узел”, “позиция”, “элемент спектра” и “разрешенное состояние” употребляются как синонимы. Разнообразие терминов отчасти связано с междисциплинарным характером работы.

Как правило, представление узлов ограничено восемью знаками. При обсуждении ситуаций преимущественно используются позиции узлов над осью. Аналитическая форма применяется лишь в тех случаях, когда является сравнительно простой. Имеющиеся и возникающие связи рассматриваются в минимальном объёме, необходимом для понимания ситуации.

Приёмы группировки узлов. Поиск имеет геометрический характер. Расположение компонент на рис.1 мы принимаем как исходное. Используем следующие приёмы. 1. Смещение МК относительно ЖК [9] для согласования. 2. При начальном выборе выделение частного из общего [8] – прежде всего узлов критерия $1+\alpha^2$ и $1+\alpha$ - позиций, на основе которых заполняется числовая ось. 3. При последующем выборе использование [1] симметричного плана в разных вариантах ($B^2=AC$, постановка в равные условия конкурирующих отрезков оси, узлов вида a и $1/a$, оснований и расщеплений, симметрия узлов относительно $\sqrt{10}$ и т.д.). 4. Близость – узлы являются разными, но расположены близко друг к другу и могут быть названы соседями. 5. Сходство – узлы похожи или подобны, например, имеются подобные узлы над и под осью.

Учёт предыстории [6] как приём не обозначается, т.к. имеет место в любом из сценариев. В качестве примера укажем на инвариантность – устойчивость некоторых отношений в процессе эволюции. Сохранение прежних связей при анализе понимается как выявление инвариантов. Почему вообще что-то сохраняется? Мы считаем, что это повторение есть проявление цикличности, воспроизведение некоторых элементов структуры от этапа к этапу или от шага к шагу. С одними из них удаётся достичь устойчивости на следующем этапе эволюции, а с другими – нет. Проводимый ниже анализ удаляет нас от протоструктуры, однако позволяет сравнить модельные результаты с реальностью при рассмотрении приложения.

4. ИСХОДНОЕ РАСЩЕПЛЕНИЕ УЗЛОВ $k=1$ и $k=10$.

Допущения и сценарий. Исходно согласно рис.1 реализуется симметричный план – одинаковое расположение двух компонент протоструктуры слева и справа относительно 1 – начала отсчёта. Представленные здесь узлы МК налагаются на узлы цикла 1:10 ЖК. Подчёркнутые узлы $1+\alpha^2$ и $1+\alpha$ разных компонент различаются наибольшим образом – 17%. Процедура последующего согласования поясняется на рис.2.

$S=1$. Представляем фрагмент рис.1 и выбираем для анализа два расположенные в интервале от 1 до 2 узла, а именно $1+\alpha^2$ и $1+\alpha$. Они [8] входят в критерий – группу из четырёх узлов, с помощью которых исходно заполняется числовая ось, и делят отрезок оси от 1 до 2 в золотом отношении слева направо и справа налево. Обращаем внимание

на то, что названные узлы находятся в неравных условиях: согласно рис.1 первый из них принадлежит ЖК и МК, а второй – только ЖК.

Допускаем, что для согласования МК может как целое смещаться вправо и влево относительно ЖК; для узла МК $1+\alpha^2$ такая возможность показана стрелками. Справа ближайшим соседом является узел $1+\alpha$, а слева в качестве такового обозначен узел $2/(1+\alpha) \equiv 1+\alpha^3 = 1,236068$. Причиной указанного выбора является совместимость баз для рассматриваемых узлов, т.е. равенство $\sqrt{1*2} \equiv \sqrt{(1+\alpha^3)*(1+\alpha)}$. Кроме того, узел $1+\alpha^3$ делит интервал от 1 до $1+\alpha^2$ в золотом отношении и связан с соседними узлами соотношением $(1+\alpha^3)+(1+\alpha^2) \equiv 2+\alpha \equiv (1+\alpha)^2$. Сказанное означает, что узел $1+\alpha^3$ выбран не случайным образом. На оси диапазон возможного смещения МК $\Delta = (1+\alpha)/(1+\alpha^3) = 1,309017$ выделен скобкой (\sqcup), а соответствующие триады обозначены под осью (см. $\text{---}\bullet\text{---}$).

Гипотеза. 1. Для постановки узлов $1+\alpha^2$ МК и $1+\alpha$ ЖК в одинаковые условия МК смещается вправо вплоть до совмещения её узла $1+\alpha^2$ с узлом $1+\alpha$ ЖК. Исходный симметричный план при этом нарушается.

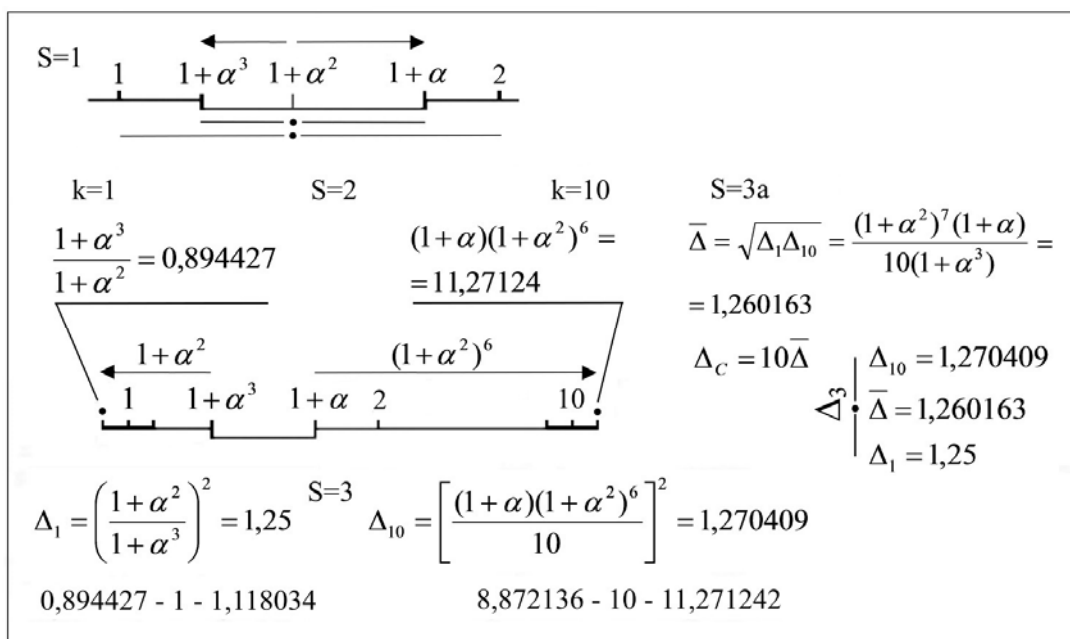


Рис. 2. Результат взаимодействия ЖК и МК. $S=1$ – исходное состояние узлов критерия и возможное смещение узла МК $1+\alpha^2$; $S=2$ – деформация границ цикла $1:10$; $S=3$ – расщепление узлов $k=1$ и $k=10$; $S=3a$ – подобие диапазонов цикла $1:10$ и его граничных узлов. Здесь $\alpha^{-1} = 1,618...$ – золотое сечение. В $S=1$ и 2 стрелками обозначены отрезки оси, соответствующие смещению МК, а скобкой выделен отрезок оси с диапазоном $\Delta = (1+\alpha)/(1+\alpha^3) = 1,309017$.

2. Для компенсации (восстановления) нарушенного равновесия МК смещается влево вплоть до совмещения её узла $1+\alpha^2$ с узлом $1+\alpha^3$. 3. Узлы $k=10$ и $k=1$ при смещении МК расщепляются.

$S=2$. Рассматриваем деформацию границ цикла. При смещении МК вправо до позиции $1+\alpha$ восьмой узел МК выходит за пределы цикла и занимает позицию $11,27124$, как это показано справа. При этом формируем правое крыло узла $k=10$; отрезок оси, соответствующий МК здесь и далее обозначаем стрелкой (см. \rightarrow). Также здесь и далее масштаб понимаем как условный, а ряд деталей опускаем.

При смещении МК влево до граничной позиции $1+\alpha^3$ первый её узел выходит за пределы цикла и занимает позицию 0,894427, как это видно слева (см. ←). Таким образом, формируем левое крыло узла $k=1$.

$S=3$. Анализируем исходное расщепление узлов $k=1$ и $k=10$. Итогом смещения МК относительно ЖК является расщепление узлов $k=1$ и $k=10$, которое происходит для восстановления нарушенного равновесия. При этом их исходные позиции рассматриваются как базы B , у которых формируются крылья A и C при связи $B^2=AC$. Определяем в $S=3$ соответствующие расщепления $\Delta_1=1,25$ и $\Delta_{10}=1,270409$ и формируем триады, представленные в $S=2$.

Комментарий. Узлы критерия плюс узел $1+\alpha^3$ являются ключевыми для понимания начального этапа расщепления. На шаге $S=3a$ представлена база двух расщеплений $\bar{\Delta}$, а также диапазон цикла $\Delta_C=11,27124/0,894427=12,60163$. Можно видеть, что: а) $\Delta_C=10\bar{\Delta}$, т.е. имеет место связь диапазона цикла и базы его граничных узлов; б) Δ_C трансформируется: $10 \rightarrow 12,60163$ и в) $\bar{\Delta}$ расщепляется при $\Delta_3=\Delta_{10}/\Delta_1=1,016327$; обозначение Δ_3 поясняется в разделе 5. Обратим внимание на то, что в $S=3$ расщепление Δ_1 связано с позицией $1+\alpha^3$, а Δ_{10} от неё не зависит.

5. РАСЩЕПЛЕНИЕ УЗЛА $k=3$.

В этом разделе ставятся в равные условия узлы над осью и узлы под осью; предпочтение отдаётся по возможности первому варианту. Также сохраняются прежние отношения между узлами; этот фактор понимается как учёт предыстории.

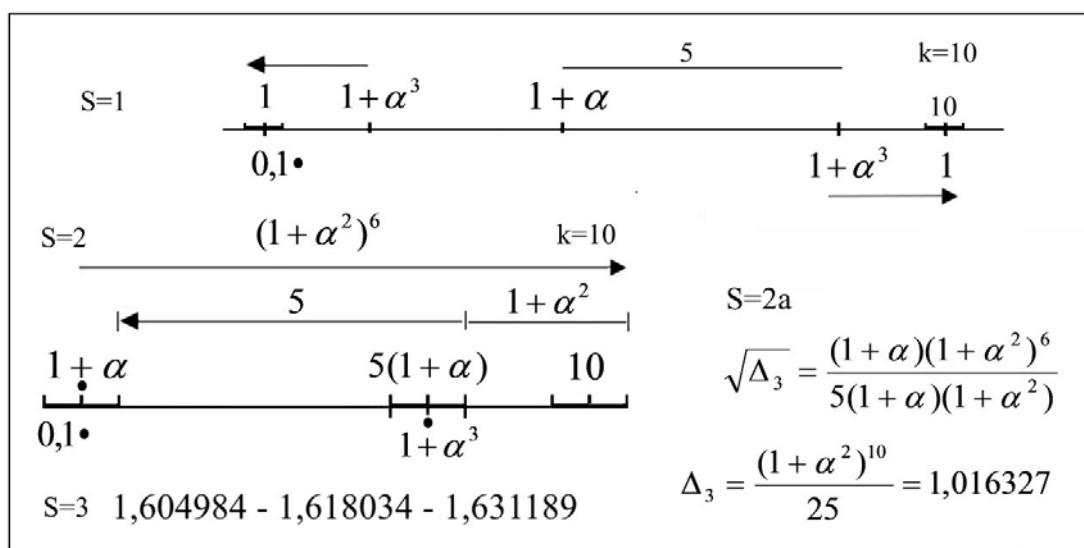


Рис. 3. Расщепление узла $k=3$ как следствие расщепления узла $k=10$. $S=1$ – представление узлов $1+\alpha^3$ над осью и $0,1(1+\alpha^3)$ под осью в симметричном плане; $S=2$ – деформация узлов $1+\alpha$ и $5(1+\alpha)$ в результате расщепления узла $k=10$; $S=3$ – конечное состояние расщеплённого узла $k=3$. Стрелками в $S=2$ показан циклический характер взаимодействия узлов $k=3$ и $k=10$; $\alpha^{-1}=1,618\dots$ – золотое сечение.

$S=1$. Выставляем на оси узлы $1+\alpha^3$ над осью и $0,1(1+\alpha^3)$ под осью как аналогичные; помним, что узлы $k=1$ и $k=10$ также подобны. По этой причине представляем расщепление узла $k=10$ подобно $k=1$ как результат смещения МК до узла $0,1(1+\alpha^3)$ под

осью. Сходные смещения обозначаем стрелками. Ситуация отличается от представленной на рис.2 тем, что узел $k=10$ уже расщеплён. Обозначаем равный 5 интервал между узлами $1+\alpha$ и $1/0,1(1+\alpha^3)\equiv 5(1+\alpha)=8,090170$.

Гипотеза. Расщепление узла $k=3$ является следствием расщепления узла $k=10$. Сохраняется равным 5 интервал между узлами $1+\alpha$ и $1/0,1(1+\alpha^3)\equiv 5(1+\alpha)=8,090170$; для выполнения этого условия названные узлы расщепляются.

S=2. Изображаем узлы $1+\alpha$ и $5(1+\alpha)$ как расщеплённые. Рассматриваем два варианта взаимодействия узлов $1+\alpha$ и 10. Первому варианту соответствует верхняя стрелка. Он связывает базу узла $1+\alpha$ и правое крыло узла 10 при интервале МК $(1+\alpha^2)^6$, как это было показано на рис.2. Нижняя стрелка соответствует второму варианту. Он связывает правые крылья узлов $1+\alpha$ и 10 через узел $5(1+\alpha)$ при указанных интервалах 5 и $1+\alpha^2$.

S=2а. Представляем $\sqrt{\Delta_3}$ – сдвиг правого крыла узла $k=3$ относительно исходной позиции $1+\alpha$. Здесь позиции в числителе и знаменателе соответствуют правому крылу узла $k=10$, однако первая получена при опоре на базу узла $k=3$, а вторая – при опоре на правое крыло узла $k=3$. Можно сказать также, что позиция $\sqrt{\Delta_3}$ характеризует рассогласование вариантов, указанных в S=2.

S=3. Определяем конечное состояние узла $k=3$. Расщеплённый узел строим на базе $1+\alpha$, а крылья определяем на основе $\sqrt{\Delta_3}$ из S=2а.

Комментарий. Расщепление узла $k=3$ происходит для того, чтобы поставить конкурирующие отрезки $(1+\alpha^2)^6$ и $5(1+\alpha^2)$ в равные условия. Предыстория и МК явно оказывают влияние на структуру узла. Позиция Δ_3 играет роль инварианта, поскольку она задаёт отношение: а) крыльев для узла $k=3$ согласно S=3; б) крыльев для узла $5(1+\alpha)$ и с) расщеплений Δ_{10}/Δ_1 согласно рис.2.

Узел $0,1(1+\alpha^3)$ под осью понимается нами как центр симметрии, необходимый для характеристики рассматриваемых связей. Расщепление Δ_3 и расщепление узла $\bar{\Delta}$ на рис.2 совпадают, что свидетельствует о связях диапазона цикла и узла $k=3$. В ходе проведённого согласования сохраняются прежние связи между узлами и выполняются новые требования, диктуемые смещением МК. Также замыкается своего рода цикл: мы в разделе 4 начали с узла $1+\alpha$ и здесь к нему вернулись.

6. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ УЗЕЛ $k=10'$.

Гипотеза. На цикл 1:10 оказывает влияние находящийся справа цикл 10:100, в результате чего слева от узла $k=10$ появляется дополнительный узел $k=10'$ (со штрихом). Основой формирования узла $k=10'$ является процедура согласования ЖК и МК, подобная уже представленной на рис.2.

S=1. Рассматриваем аналогию между узлами в двух соседних циклах, указанных в гипотезе. Слева представляем узлы $k=2$ и $k=3$ из цикла 1:10, а стрелкой показываем смещение МК относительно ЖК согласно рис.2. Справа представляем расположенный в цикле 10:100 узел $k=17$ (100α), который, если его читать под осью, является аналогом узла $1+\alpha$, находящегося слева. Если обратиться к симметричному плану на рис.1, нетрудно убедиться, что справа от $k=17$ расположен узел МК $(1+\alpha^2)^{13}=67,06033$. Он

играет здесь ту же роль, что и узел $1+\alpha^2$ слева; стрелкой показываем возможное смещение МК относительно ЖК.

Смещение, представленное слева над осью, приводило к выходу узла МК за пределы цикла. Мы вправе ожидать, что представленное справа под осью смещение также приведёт к выходу узла МК за пределы цикла, т.е. этот узел окажется в цикле 1:10.

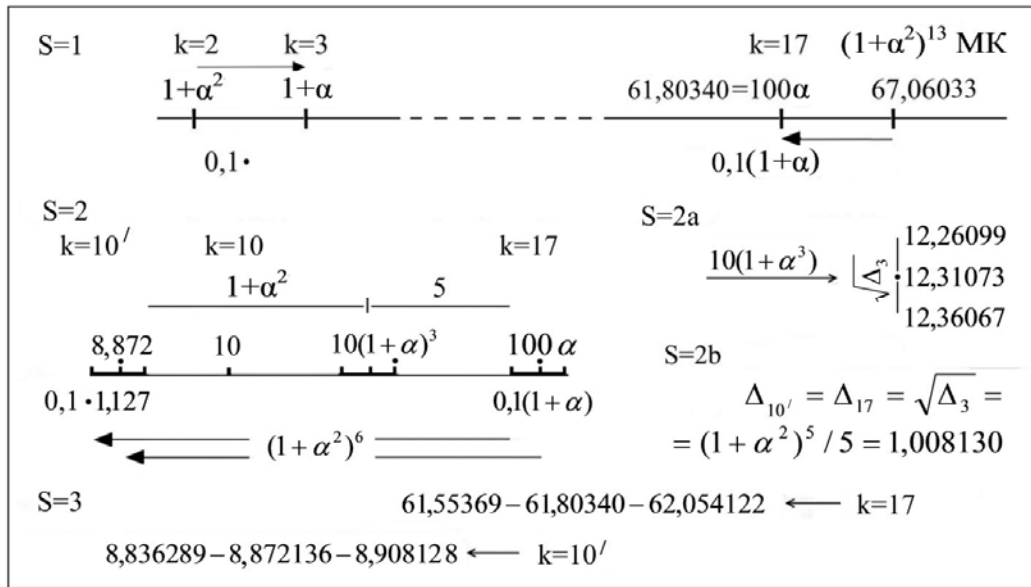


Рис. 4. Формирование и расщепление узла $k=10'$. S=1 – аналогичные узлы в циклах 1:10 и 10:100; S=2 – узлы и связи, ответственные за формирование узла $k=10'$; S=3 – конечное состояние узлов $k=17$ и $k=10'$. Здесь $\alpha^{-1}=1,618...$ – золотое сечение.

S=2. Рассматриваем формирование базы узла $k=10'$. Смещаем МК до узла под осью $0,01(1+\alpha)$, как это показано правой стрелкой в S=1, а здесь иллюстрируется нижней стрелкой. Через интервал $(1+\alpha^2)^6$ под осью же реализуется узел $0,112712$. Над осью его значение составляет $100\alpha/(1+\alpha^2)^6=8,872136$, которое, естественно, совпадает с левым крылом узла $k=10$ на исходном этапе эволюции (рис.2, S=3). Трактуюем позицию $8,872136$ как базу дополнительного узла $k=10'$, поскольку в случае $k=10$ она играла роль крыла.

Рассматриваем расщепление узла $k=10'$. Реализуем дополнительный вариант группировки, поскольку позиция $8,872136$ трактуется в отличие от $k=10$ не как крыло, а как база. Между рассмотренными позициями $8,872136$ и $100\alpha=61,80340$ имеем узел $10(1+\alpha^3)=12,36068$ – аналог узла $1+\alpha^3$ на рис.2. Здесь, как и ранее, существует противоречие между длиной отрезков $5(1+\alpha^2)=6,909830$ и $(1+\alpha^2)^6=6,966011$, которое преодолевается путём расщепления участников структурного сценария. Посмотрим, как это происходит.

Позиция $8,872136$ соответствует смещению МК от узла $12,26099$ при интервале $1+\alpha^2$ МК. Это значит, что узел $10(1+\alpha^3)$, как это показано в S=2a, сдвигаем и расщепляем при $\Delta=\sqrt{\Delta_3}$. При опоре на полученную базу $12,31073$ одновременно и одинаково расщепляем узлы $k=10'$ и $k=17$. Расщепления представляем в S=2b. Реализуемые интервалы показываем над и под осью на шаге S=2.

S=3. Представляем согласно S=2 позиции расщеплённых узлов $k=17$ и $k=10'$. Их расщепления, напомним, показываем в S=2b.

Комментарий. В полученной схеме выполняются связи с интервалами $(1+\alpha^2)^6$ и $5(1+\alpha^2)$. Позиции расщеплённых узлов $k=10'$ и $k=17$ могут быть представлены в аналитическом виде, но соответствующие громоздкие выражения мы не приводим. Отметим, что вспомогательный узел вида $1+\alpha^3$ не расщепляется в случае $k=1$, играет роль базы в случае $k=10$ и роль крыла – в случае $k=10'$. Можно видеть, что и при формировании узла $k=10'$ расщепление Δ_3 играет существенную роль.

7. КОНЕЧНОЕ РАСЩЕПЛЕНИЕ УЗЛА $k=1$.

Гипотеза. Расщепление узла $k=3$ $(1+\alpha)$ приводит к неустойчивости представленных на рис.2 узлов $k=1$ (1) и $1+\alpha^3=1,236068$. Напомним предварительно, что основания это – позиции на оси, а расщепления – отношения между основаниями. В процессе эволюции имеет место конкуренция: основания выступают против расщеплений и, наоборот, расщепления выступают против оснований. Процессы развёртывания оснований $\{1+\alpha^3\}$ и расщеплений $\{\Delta_1\}$ взаимосвязаны; при анализе эволюции мы ставим их в равные условия, т.е. опираемся на симметричный план.

Процедура стабилизации узла $k=1$ поясняется на рис. 5. Здесь и далее скобки вида $\{ \}$ обозначают неустойчивость.

S		$\{1+\alpha^3\}$		$\{k=1\}$			$\{\Delta_1\}$		
3	↓	1,222291	↓	0,884458	↓	0,988854	1,105573	↓	1,25
4	↓	1,231458	↓	0,891091	↓	0,992555	1,105573	↓	1,240690
1	↓	1,236067	↓	0,894427	↓	1	1,118034	↓	1,25
5	↓	1,240694 ↓	↓	0,897774	↓	0,996270	1,105573	↓	1,231458
2	↓	1,25	↓	0,904508	↓	1	1,105573	↓	1,222291

Рис. 5. Неустойчивость и стабилизация узла $k=1$ после расщепления узла $k=3$. Здесь S – шаги эволюции, $\alpha^1=1,618...$ - золотое сечение. Неустойчивость символизируется скобками вида $\{ \}$, конечные позиции выделены.

На шаге S=1 повторяем ситуацию, представленную слева на рис.2. При S=2 соответствующее S=1 расщепление $\Delta_1=1,25$ рассматриваем как основание, при участии которого МК смещается на величину $1+\alpha^2$ и формирует крыло $1,25/(1+\alpha^2)=0,904508$; позиция 1 не меняется. В ходе S=3 соответствующее S=2 расщепление $\Delta_1=1,222291$ понимаем как основание, а основание 1,25 трактуем как расщепление Δ_1 . Отмечаем, что здесь возникает сдвиг базы узла относительно 1. Фиксируем связи между крыльями узла $k=1$ и расщеплениями Δ_1 : $(1,105573)^2=1,222291$ и $(1,118034)^2=1,25$; при этом $(1+\alpha^3)^2/(1+\alpha^2)=1,105573=1/0,904508$. Рассмотренные последовательные шаги трактуем как подготовку к процессу стабилизации.

Шаги S=4 и S=5 формируем в ходе поиска параллельно. Ищем такие позиции, которые могут рассматриваться при учёте предыдущих шагов и как базы, и как крылья. Выбираем для обоих шагов правое крыло 1,105572, поскольку оно демонстрирует устойчивость в шагах S=2 и S=3. Искомые позиции определяем методом

Расщепление разрешенных состояний в сложной самоорганизующейся... Часть 1.

Рассматриваем расщепление $k=10$ на рис.7. Сначала в $S=1$ представляем результат, соответствующий гипотезе, а затем в $S=2$ обращаемся к альтернативному варианту.

$S=1$. Берём известную позицию $\Delta_1=1,231458$ с рис.5 ($S=5$), определяем $\Delta_{10}=(\bar{\Delta})^2/\Delta_1=(1,260163)^2/1,231458=1,289537$. Используем представленное на рис.3 правое крыло узла $k=3$ $(1+\alpha)$ $(1+\alpha)\sqrt{\Delta_3}=1,631189$. Формируем правое крыло узла $k=10$ (10) согласно рис.2 $(1+\alpha)\sqrt{\Delta_3}(1+\alpha^2)^6=11,362880$. Позицию $\{1+\alpha^3\}$ здесь и ниже выставляем по аналогии с рис.5, отмечаем, что она принадлежит циклу 10:100. Представляем узел $k=10$ целиком; все позиции выделяем.

S	$0,1\{1+\alpha^3\}$	{k=10}			$\{\Delta_{10}\}$
1	1,217733	8,811597	10,0063	11,36288	1,289537
4	1,216610	8,800583	10	11,36288	1,291151
2	1,226099	8,872136	10	11,27124	1,270409
3	1,236067	8,944271	10	11,18033	1,25

Рис. 7. Неустойчивость и расщепление узла $k=10$ на конечном этапе эволюции. Здесь S – шаги эволюции, $\alpha^{-1}=1,618\dots$ – золотое сечение, неустойчивость символизируется скобками вида $\{ \}$, конечные позиции выделены.

$S=2$. Переходим к альтернативному варианту. Представляем исходное расщепление узла $k=10$ с рис.2, которое не соответствует $S=1$.

Далее, рассматривая неустойчивости в $S=3$ и $S=4$, предпринимаем попытку сближения результатов $S=1$ и $S=2$. Трактует все позиции шага $S=2$ как базовые и расщепляющиеся.

$S=3$. Формируем нижнее крыло полностью аналогичное $k=1$ (см. рис.2).

$S=4$. Формируем верхнее крыло при известных позициях базы $S=2$ и нижнего крыла $S=3$. Отмечаем близость позиций $S=1$ и $S=4$; усреднённое рассогласование составляет 0,06%.

Комментарий 1. На рис.6 показаны полученные основание (o_{10}) и расщепление Δ_{10} , а также их база 1,253121. Здесь обнаруживаются связи со структурой узла $k=1$, основания и расщепления которого представлены слева. В проводимом сравнении порядки опускаются. Интервал между позицией $1+\alpha^3=1,236068$ и основанием 1,217733 составляет α^2 . Можно сказать, что в случае $k=10$ узел 1,236068 расщепляется (см. пунктир) и специализируется. Верхнее его крыло отвечает за основание 1,217733, а нижнее - за базу 1,254678, которая не отличается от 1,253124 в пределах 0,12%. При согласовании происходит небольшая деформация. В частности узел 1,236068 испытывает сдвиг 1,000618.

Комментарий 2. Расщепление узла $k=10$ формируется на основе двух различных структурных тенденций ($S=1$ против $S=2-4$), и, кроме того, демонстрирует тесную связь с расщеплением узла $k=1$. Таким образом, с предлагаемой точки зрения, связь сценариев расщепления узлов $k=1$ и $k=10$ является весьма вероятной. При $S=2$ учитывается предыстория, МК также вносит свой вклад. Отметим, что в отличие от узла $k=1$ стабилизация узла $k=10$ происходит на границе неустойчивости.

9. РАСЩЕПЛЕНИЕ УЗЛОВ $k=2$ и $k=4$.

Сценарий для узла $k=2$. Для узлов $k=2$ ($1+\alpha^2$) и $k=4$ (2) процедура установления связей трактуется, как следствие взаимодействия базы узла $k=3$ ($1+\alpha$) с соседями и расщепления узла $k=1$ (1). Расщепление узла $k=2$ ($1+\alpha^2$) рассматривается по шагам, представленным вдоль вертикали на рис.8. Знак $\Delta ДВ$ здесь обозначает диапазон дальнего (условно) взаимодействия, представляемого по горизонтали (см. —•—).

S	{k=2}	k=3	{k=4}	{ $\Delta ДВ$ }	$\Delta_2 = \frac{(1+\alpha^2)^3}{(1+\alpha)^2} =$ $= \sqrt{\Delta_3} = 1.008130$
2	1,370820	$1+\alpha$	1,909830	1,393202	
3	1,376381	$1+\alpha$	1,902113	$1+\alpha^2$	
1	1,381966	$1+\alpha$	1,894427	1,370820	

Рис. 8. Неустойчивость и расщепление узла $k=2$. Здесь S – шаги эволюции, $\alpha^{-1} = 1,618...$ – золотое сечение, неустойчивость символизируется скобками вида $\{ \}$, конечные позиции выделены.

$S=1$ Узел $1+\alpha=1,618034$ рассматриваем как базу, которая взаимодействует с левым крылом – узлом $1+\alpha^2=1,381966$. В результате формируем при $\Delta ДВ=1,370820$ правое крыло 1,894427, которое трактуем как меньшее крыло расщеплённого узла $k=4$. Отмечаем, что оно согласно рис.2 есть левое крыло узла $k=1$ плюс 1.

$S=2$. Расщепление $\Delta ДВ=1,370820$ из $S=1$ рассматриваем, как основание для узла $k=2$ и формируем его меньшее крыло – 1,370820. При участии узла $1+\alpha$ меньшее крыло узла $k=4$ становится равным $(1+\alpha^2)^2=1,909830$, что можно дополнительно интерпретировать, как взаимодействие узлов 1 ЖК и $(1+\alpha^2)^2$ МК. Расщепление составляет $\Delta ДВ=1,393202$. Для узла $k=2$ позиции в $S=1$ и $S=2$ трактуем как его крылья.

$S=3$ Формируем базовое значение $\Delta ДВ=1+\alpha^2=1,381966$, т.е. представленное в $S=1$ основание рассматриваем как расщепление. Реализация обозначенных связей приводит к стабилизации позиции $1,902113=\sqrt{3+\alpha}$, которую трактуем как меньшее крыло узла $k=4$. Это значит, что узлы 1 и $3+\alpha$ как крылья также участвуют в формировании позиции 1,902113. В результате на базе основания 1,376381 при $\Delta_2=\sqrt{\Delta_3}$ формируется триада узла $k=2$, в которой исходная позиция $1+\alpha^2=1,381966$ становится крылом. Позиции узлов $k=2$ и $k=4$ (см. 1,902113) выделяем. Расщепление Δ_2 представляем справа на рис.8.

Комментарий. Процедура согласования основана на симметричном плане: $\Delta ДВ$ и основания ставятся в равные условия. Если обратиться к отношению $\Delta ДВ_{\max}/\Delta ДВ_{\min}=\Delta_3=\Delta_2^2$, то можно сказать, что расщепление узла $k=3$ задаёт указанное отношение и тем самым новую форму узла $k=2$. Имеет место связь с предысторией, а также с МК.

Сценарий для узла $k=4$. Неустойчивость и расщепление узла $k=4$ (2) представляются по шагам на рис. 9. При этом предполагается, что узлы $k=1$ (1) и $k=4$ (2) образуют оппозицию подобно узлам $1+\alpha^2$ и $1+\alpha$.

S	{k=4}			{Δ ₄ }
2	1,902113	2,007487	2,118699	1,113866 = $\sqrt{1,240694}$
1	1,902113	2	2,102924	1,105572 = $\sqrt{1,222291}$
3	1,902113	1,992541	2,087268	1,097342

Рис. 9. Неустойчивость и расщепление узла k=4 (2). Здесь S – шаги эволюции, неустойчивость символизируется скобками вида {}, конечные позиции выделены.

S=1. Расщепляем узел 2 в соответствии с S=3 на рис.8 и выставляем расщепление $\Delta_4=1,105572$. Можно также сказать, что указанное расщепление формируем представленным на рис.5 основанием k=1. Отмечаем, что для узлов k=4 и k=1 отношение оснований $2/0,996270$ (см. рис.5) отличается от 2.

S=2. Для выявления связей между узлами k=1 (1) и k=4 (2) ставим основания узла k=1 1,105572 и 0,897774 (см. рис.5) в равные условия. По этой причине считаем, что реализуется расщепление $\Delta_4=1,113866=1/0,897774$; выставляем его и формируем всю триаду узла k=4. Левое крыло при этом сохраняем.

S=3. Рассматриваем позиции S=1 как базовые и достраиваем у них недостающие крылья. При этом формируем расщепление $\Delta_4=1,097342$. На этом поиск заканчиваем, поскольку для узлов k=4 и k=1 отношение баз $1,992541/0,996270=2$; результаты выделяем.

Комментарий. В процессе стабилизации узла k=4 реализуются: а) имеющиеся связи с узлом k=2 при участии МК; б) имевшееся ранее отношение 2 между узлами k=1 и k=4; в) симметричный план – постановка оснований указанных узлов в равные условия; г) связи промежуточных расщеплений {Δ₄} с позициями на рис.6 слева, они указаны в правой части рис.9.

10. РАСЩЕПЛЕНИЕ УЗЛОВ k=5 и k=6.

Сценарий для узла k=6. Согласно рис.1а узлы k=5 и 6 исходно расщеплены при $\Delta_5 \equiv \Delta_6 = 1 + \alpha^6 = 1,055728$. В процессе дальнейшей эволюции узел k=5 [10-12] вследствие формирования комплекса распадается и в настоящей работе не рассматривается. Деформация узла k=6 (3,717480) демонстрируется на рис. 10.

S=1. Представляем исходные позиции узла k=6 (3,717480) согласно рис. 1а. В аналитическом виде они выглядят следующим образом: $(3+\alpha) - \sqrt{10(1+\alpha^2)} - 10(2+\alpha)^{-1}$.

Гипотеза. Деформация узла k=6 определяется предысторией, связана с расщеплением узла k=3 (1+α), а также зависит от близких к нему позиций комплекса [10]. При деформации сохраняется постоянным отношение узла k=6 к узлу k=3. Расщепление Δ₆ состоит из отрезков одинаковой длины, при этом диапазон одного такого отрезка равен сдвигу конечной базы узла относительно исходной базы.

S=2. Показываем, что исходно отношение узла 3,717480 – базы узла k=6 к узлу $1+\alpha=1,618034$ составляет 2,297529. Допускаем согласно гипотезе, что это отношение сохраняется в ходе эволюции и отсчитывается от левого крыла узла k=3 – позиции 1,604984 (см. рис.3), как это показано снизу. Выбор названной позиции поясняется

далее на шаге S=4. В результате формируем новую базу узла k=6 – позицию $1,604984 \cdot 2,297529 = 3,687500$.

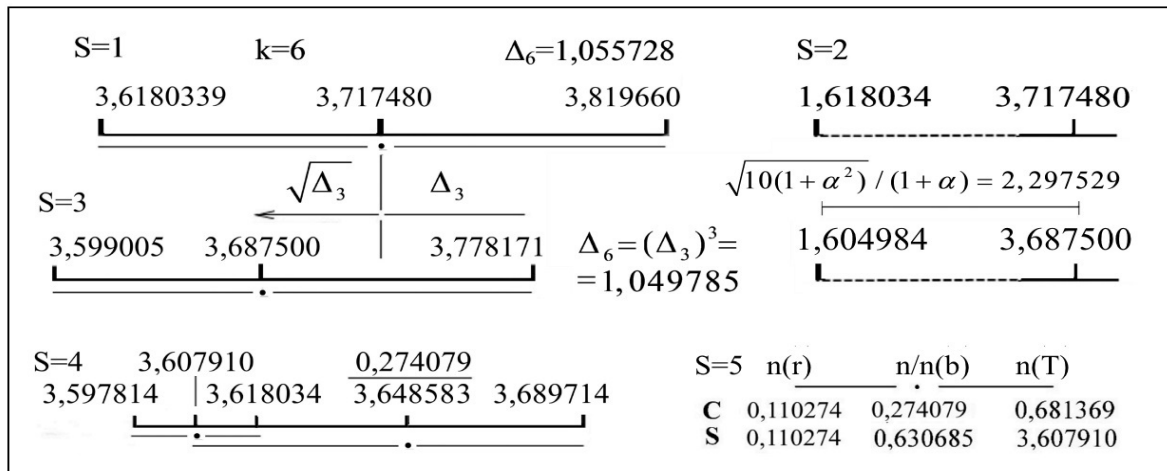


Рис. 10. Расщеплённый узел k=6: S=1 – в исходном состоянии; S=2 – в зависимости от узла k=3; S=3 – в конечном состоянии; S=4 – в зависимости от узлов комплекса [10] 3,607910 и 0,274079. В позиции S=5 показана [10, 11] роль узлов 3,607910 и 0,274079 в каркасе комплекса. Здесь $\alpha^{-1} = 1,618\dots$ – золотое сечение.

S=3. Выставляем согласно S=2 базу узла k=6, которую трактуем как конечную. Её обозначенный стрелкой (\leftarrow) сдвиг относительно исходной базы составляет $\sqrt{\Delta_3} = 1,008130$ (см. рис.3). Временно оставляем S=3.

S=4. Представляем два узла, входящие [10] в каркас комплекса, а именно 3,607910 и 0,274079. Они приподняты над осью, и показано, что последний узел под осью читается как 3,648583. Напомним, что при формировании каркаса взаимодействуют циклы 0,1:1 и 1:10, при этом второй расположен под осью, а позиции читаются как над, так и под осью.

Узел 3,607910 рассматриваем как базу, на которой при правом крыле $3+\alpha = 3,618034$ формируется левое крыло 3,597814. Тот же узел 3,607910 трактуем дополнительным образом как левое крыло при базе 3,648583 и формируем правое крыло – позицию 3,689714. Она в пределах 0,06% не отличается от представленной в S=3 базы узла k=6, что и является причиной сделанного в S=2 выбора именно левого крыла узла $1+\alpha$.

Возвращаемся к шагу S=3 и выбираем в качестве левого крыла узла k=6 позицию 3,599005 вместо полученной в S=4 позиции 3,597814 (их различие составляет 0,03%). После этого формируем для k=6 его правое крыло – позицию 3,778171, которая отличается от исходной базы 3,717480 на величину Δ_3 . Сделанный выбор позволяет утверждать, что расщепление Δ_6 состоит из шести одинаковых отрезков с диапазоном $\sqrt{\Delta_3}$, который равен сдвигу конечной базы узла k=6 относительно исходной базы. Расщепление узла k=6 составляет $\Delta_6 = \Delta_3^3$.

Комментарий. Для узла k=6 основой выбора служит предыстория – исходная связь с узлом k=3, а также реалии, связанные с каркасом комплекса. Ориентированным на упрощение ситуации фактором выбора является повторение в разных вариантах

Комментарий. При расщеплении узла $k=7$ учитывается предыстория и роль МК. Отметим, что для узла $k=6$ сдвиг его базы относительно исходной позиции $3+\alpha$ также составляет $3,687500/3,618033=1,019199=\tilde{\Delta}$. Другими словами, в его формировании МК также участвует. Влияние распада узла $k=5$ на форму узла $k=7$ при этом не учитывается, однако, согласно рис.11 оно должно быть принято во внимание при уточнении модели.

Расщепление узла $k=8$ (6,18034) здесь не рассматривается; его эволюция анализируется [10, 11] в связи с неустойчивостью комплекса.

Сценарий для узла $k=9$. Гипотеза. В процессе эволюции узла $k=9$ (7,236068) возникают два варианта расщепления, ориентированные на исходно существовавшие связи и новые реалии – расщепленные узлы $k=2$ и $k=4$. Компромисс формируется как база между вариантами.

Расщепление узла $k=9$ представлено на рис.12. Здесь учитывается, что исходно в пределах цикла узлы $k=9$ (7,236068) и $k=2$ (1,381966) симметричны относительно $\sqrt{10}$. Кроме того, для узлов 1 и 2, а также 5 и 10 имеются базовые позиции $\sqrt{2}$ и $\sqrt{50}$ соответственно.

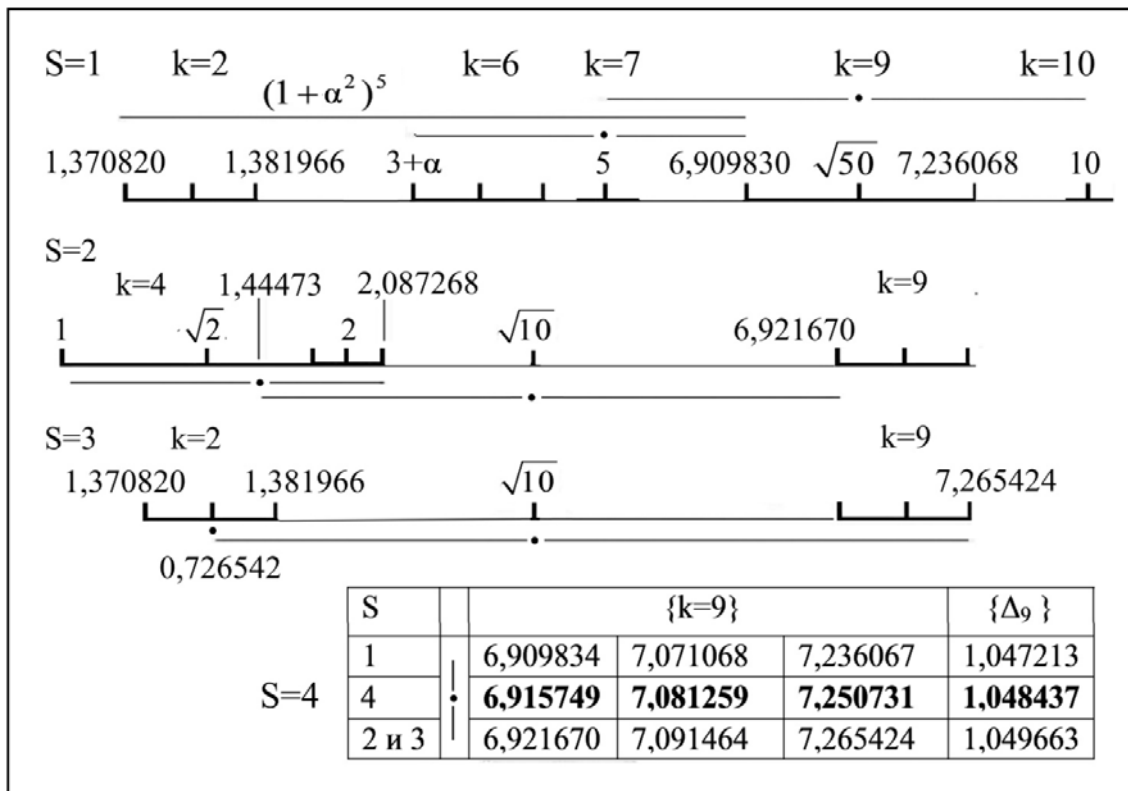


Рис. 12. Неустойчивость и расщепление узла $k=9$. $S=1$ – первый вариант расщепления; $S=2$ – формирование левого крыла для второго варианта расщепления; $S=3$ – формирование правого крыла для второго варианта расщепления; $S=4$ – формирование конечного варианта (выделен). Здесь S – шаги эволюции. $\alpha^{-1}=1,618...$ – золотое сечение, неустойчивость символизируется скобками вида $\{ \}$.

S=1. Представляем первый вариант расщепления. Узел $k=7$ (5) рассматриваем как базу, которая взаимодействует с позицией $3+\alpha$ – левым крылом узла $k=6$, в результате чего формируем позицию $5*(1+\alpha^2)=6,909830$. Эту позицию трактуем как левое крыло узла $k=9$, а его исходная позиция $7,236068$ становится правым крылом при $\Delta_9=10(2+\alpha)/25=1,047213$. База расщеплённого узла $\sqrt{50}$ совпадает с базой интервала 5:10. При формировании крыла $6,909830$ реализуется его связь с левым крылом узла $k=2$ (см. рис.8) через МК: $1,370820*(1+\alpha^2)^5=6,909830$. Выставляем соответствующие триады и обозначаем связи.

S=2. Представляем левое крыло второго варианта расщепления. Учитываем, что исходно согласно рис.1 узлы $k=2$ (1,381966) и $k=9$ (7,236068) симметричны относительно $\sqrt{10}$, т.е. имеет место связь $10/1,381966=7,236068$. Также учитываем, что согласно S=1 база для первого варианта может быть представлена при опоре на $\sqrt{2}$ - базу интервала 1:2: $10/1,414213=\sqrt{50}$. Интервал 1:2 обозначаем слева.

Во втором варианте указанную базу сдвигаем: $\sqrt{2} \rightarrow 1,444738=\sqrt{2,087268}$. Позиции и связи указываем над и под осью. Здесь позиция $2,087268$ – правое крыло узла $k=4$ (рис. 9, S=3) играет ту же роль что и позиция 2: она является и основанием и расщеплением интервала 1:2. Соответственно получаем левое крыло узла $k=9$: $10/1,444738=6,921670$.

S=3. Представляем правое крыло второго варианта расщепления узла $k=9$. Расщеплённый узел $k=2$ обозначаем слева. При использовании его базы формируем правое крыло: $10/1,376382=7,265424$.

S=4. Формируем конечный вариант на основе таблицы. Выставляем позиции вариантов S=1 и S=2 совместно с S=3; трактуем их как верхнее и нижнее крылья неустойчивости. Позиции конечного варианта получаем и выделяем как базы между соответствующими крыльями; знак триады выставляем слева.

Комментарий. В процессе эволюции узла $k=9$ возникают варианты расщепления, ориентированные на исходно существовавшие связи и расщепленные узлы $k=2$ и $k=4$. Учитывается исходная симметрия узлов относительно $\sqrt{10}$. Компромисс реализуется как база между вариантами. Роль МК проявляется на шаге S=1. Используется принцип преемственности, например, в узле $k=2$ для базы $1,381966 \rightarrow 1,376381$, а в узле $k=4$ для крыла $2 \rightarrow 2,087268$.

12. СВОДКА РЕЗУЛЬТАТОВ И ДАННЫЕ НАБЛЮДЕНИЙ.

Представление модельных данных. Конечные результаты занесены в таблицы 1 и 2, не выделены и первоначально не относятся к какому-либо конкретному объекту. В таблице 1 представлен n-уровень системы, а в таблице 2 – её r-уровень; данные объединены в триады (см.— •—). Интерпретация осуществляется в два этапа: сначала она касается абстрактной системы отношений, а затем относится к приложению.

В таблице 1 результаты трактуются согласно разделу 2 как позиции параметра порядка системы $n_k(c_k) - n_k(b_k) - n_k(d_k)$, что можно видеть в шапке таблицы. Здесь же приведены расщепления $\Delta_k=n_k(d_k)/n_k(c_k)$ и сдвиги $\vec{\Delta}_k$ - отношения конечных базовых

позиций к исходным. В последнем столбце содержатся ссылки на соответствующие разделы.

Таблица 1. Конечные модельные позиции $n_k(c_k) - n_k(b_k) - n_k(d_k)$ и Δ_k расцеплённых узлов и (под ними - выделены) аналогичные позиции наблюдаемых планетных орбит. Последние получены путём применения (1) к представленным в таблице 2 известным значениям $c_k - b_k - d_k$. № – ссылка на раздел, δ – усреднённое отклонение модельных узлов от известных из наблюдений.

k орбита	$n_k(c_k)$	$n_k(b_k)$	$n_k(d_k)$	Δ_k	$\bar{\Delta}_k$	$\delta, \%$	№
1 Меркурий	0,897774 0,897242	0,996270 0,995881	1,105572 1,105365	1,231458 1,231959	1,003744 1,004136	0,04	7
2 Венера	1,370820 1,371452	1,376381 1,376104	1,381966 1,380773	1,008130 1,006796	1,004058 1,004260	0,05	9
3 Земля	1,604984 1,604458	1,618034 1,617921	1,631189 1,631496	1,016327 1,016852	1 1,000070	0,02	5
4 Марс	1,902113 1,901677	1,992541 1,992877	2,087268 2,088449	1,097342 1,098214	1,003743 1,003574	0,03	9
6 Юпитер	3,599005 3,600465	3,687500 3,688715	3,778171 3,779129	1,049785 1,049622	1,008130 1,007798	0,03	10
7 Сатурн	4,866245 4,859663	5 4,993170	5,137431 5,130344	1,055728 1,055699	1 1,001368	0,09	11
9 Уран	6,915749 6,919070	7,081259 7,084310	7,250731 7,253499	1,048437 1,048334	1,021862 1,021422	0,04	11
10' Нептун	8,836289 8,834346	8,872136 8,872353	8,908128 8,910525	1,008130 1,008623	- -	0,02	6
10 Плутон	8,811597 8,811728	10,00631 10,00569	11,36288 11,36144	1,289537 1,289354	1,000631 1,000569	0,01	8

В таблице 2 те же результаты интерпретируются согласно (1) как позиции $c_k - b_k - d_k$. Здесь дополнительно к (2) введены следующие позиции и связи:

$$a_k = (c_k + d_k) / 2 ; \quad ; \quad d_k = a_k(1 + e_k) ; \quad c_k = a_k(1 - e_k) \quad (3)$$

Представление наблюдательных данных. В приложении рассматривается формирование структуры планетных орбит в плоскости эклиптики Солнечной системы. Допускается, что в простейшем случае кругового движения (см. рис.1а) n_k есть относительный момент количества движения, т.е. [16] площадь, описываемая точкой (телом) в единицу времени, которая отнесена к нормировочному значению. Принимается, что $k=1$ соответствует орбите Меркурия, $k=10$ – Плутона, а $k=3$ – Земли. Деформация круговых орбит описывается с помощью триады $n_k(c_k) - n_k(b_k) - n_k(d_k)$. Позиции r_k/Γ_3 трактуются как расстояния, при этом позиция r_3 равна астрономической единице (а.е.). Позиции $c_k - b_k - d_k$ понимаются как *перигелий – малая полуось – афелий* для планеты k соответственно. Дополнительные характеристики a_k и e_k (3) трактуются как большая полуось орбиты и её эксцентриситет.

В таблице 2 известные из наблюдений [5] данные размещены под модельными результатами и выделены. Справа для каждой из орбит приведены большие полуоси a_k/Γ_3 и эксцентриситеты e_k . Слева представлены как триада *перигелий c_k – малая полуось b_k – афелий d_k* , полученные при использовании (3). Эти r -позиции с помощью (1) переведены на n -уровень и представлены под модельными результатами в таблице 1

напротив соответствующей орбиты. Здесь же дополнительно определены отношения Δ_k . Наблюдаемые г-позиции и их производные на n-уровне понимаются нами как характеристики системы, близкие к эволюционной зрелости.

Таблица 2. Характеристики наблюдаемых планетных орбит $ck - bk - dk$, а также ak/r_3 и ek (выделены) и аналогичные модельные позиции (не выделены). Здесь для планеты k ck – перигелий, bk – малая полуось, dk – афелий, ak – большая полуось и ek – эксцентриситет. Модельные позиции $ck - bk - dk$ получены путём применения (1) к представленным в таблице 1 $nk(ck) - nk(bk) - nk(dk)$; ak и ek соответствуют (3); δ – усреднённое отклонение модельных узлов от известных из наблюдений.

k орбита	c_k / r_3	b_k / r_3	d_k / r_3	a_k / r_3	e_k	$\delta, \%$
1 Меркурий	0,307864 0,307499	0,379122 0,378826	0,466873 0,466698	0,387368 0,387099	0,205244 0,205631	0,08
2 Венера	0,717770 0,718433	0,723606 0,723315*	0,729490 0,728231*	0,723630 0,723332*	0,008098 0,006773	0,10
3 Земля	0,983934 0,983290	1 0,999860*	1,016326 1,016710	1,000130 1,000000*	0,016194 0,016710	0,04
4 Марс	1,381966 1,381333*	1,516489 1,517000*	1,664105 1,665991	1,523036 1,523662*	0,092623 0,093412	0,06
6 Юпитер	4,947543 4,951558*	5,193842 5,197267	5,452403 5,455168	5,199973 5,203363	0,048544 0,048392	0,06
7 Сатурн	9,045085 9,020634	9,525277 9,523080	10,08130 10,05351*	9,563194 9,537070*	0,054177 0,054150	0,18
9 Уран	18,26851 18,28606	19,15339 19,16990	20,08113 20,09647*	19,17482 19,19126	0,047266 0,047168	0,08
10 Нептун	29,82391 29,81079	30,06638 30,06785	30,31081 30,32713	30,06738 30,06896	0,00809 0,008586	0,04
10 Плутон	29,65746 29,65834	38,24482 38,24010*	49,31756 49,30503*	39,48751 39,48169	0,248940 0,248808	0,02

Сравнение модели и наблюдений. Все данные приведены в симметричном плане: при использовании (1) модельные г-позиции представлены как следствие модельных п-позиций из таблицы 1 и точно также связанные с наблюдениями п-позиции вычислены на основе известных г-позиций, размещённых в таблице 2. Это позволяет легко сопоставлять любые характеристики на уровнях п- и г-.

В таблице 1 справа представлен набор усреднённых по трём п-позициям отклонений δ модели (k) от наблюдательных данных (орбита). Усреднение по всем k-узлам даёт $\delta=0,03\%$. В таблице 2 справа представлен аналогичный набор отклонений δ по трём г-позициям. При усреднении по всем k-узлам имеем в этом случае $\delta=0,06\%$.

13. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Оценка процесса эволюции. Полученные в работе результаты по расщеплению п-узлов в цикле 1:10 ЖК протоструктуры характеризуют промежуточный итог эволюции. Согласно проведённому исследованию ключевую роль в процессе расщепления играет МК протоструктуры. Развёртывание структуры происходит по шагам, при этом узлы зависят друг от друга и от предыстории. В ряде случаев акцент активности как бы переносится с одного узла на другой, и они при этом меняются местами, что соответствует модельному представлению о симметричном плане. Показано, что полученная структура является

деформированным вариантом протоструктуры, в процессе эволюции которой характерная для цикла ЖК право-левая симметрия уступает место диссимметрии. Для каждого расщеплённого k -узла на n -уровне представлена его связь с каким-либо иным узлом ЖК и с МК.

Выявлено влияние цикла 10:100 на систему узлов в пределах цикла 1:10. Показано, как при этом формируется дополнительный узел $k=10'$; представлены его связи.

Установлено, что расщепление ряда узлов ($k=1$ и $k=10$ – на начальном этапе, $k=2$, $k=6$, $k=10'$) зависит от Δ_3 – расщепления узла $k=3$. Все сценарии расщепления, так или иначе, различаются, однако в некоторых ($k=1$ и $k=10$) обнаруживается сходство. На структуру системы заметное влияние оказывает формирование комплекса [10]: узел $k=5$ распадается, $k=8$ теряет устойчивость, $k=6$ прямо зависит от двух позиций каркаса комплекса. Полученные расщепления весьма незначительны (в среднем – 1,040) за исключением граничных узлов цикла ($\Delta_1=1,231$ и $\Delta_{10}=1,289$). Сдвиги базовых узлов также невелики и по \max составляют 1,021 ($k=9$). Для узлов $k=2$ и $k=6$ имеют место связи $(\bar{\Delta}_2)^2 = \Delta_2$ и $(\bar{\Delta}_6)^6 = \Delta_6$.

Отметим дополнительно, что в таблице 2 десять наблюдаемых g -позиций, которые отмечены звёздочкой (*), не отличаются в пределах 1% от узлов протоструктуры, задаваемых ЖК с рис.1а. Уровень g - [9] исходно формируется ЖК и является полным, однако позже при формировании n -уровня заметно опустошается. Указанные 10 позиций являются его фрагментами, которые выдержали отбор.

Узлы $k=2$ и $k=3$ [13] могут быть сформированы на основе иных структурных соображений. При этом соответствующие триады практически совпадают с представленными в настоящей работе. Это значит, что в разрешенных состояниях разнородные структурные тенденции сливаются до неразличимости и могут интерпретироваться с разных позиций, что соответствует лингвистической логике.

С предлагаемой точки зрения, полученные результаты характеризуют наиболее вероятные, но незавершенные сценарии, которые, в принципе, могут быть заменены лучшими вариантами. Для расщеплённых узлов представлено формирование предельных позиций, однако следует понимать, что ряд других связей реализуется и помимо границ, например, между $n(b)$ и $n(d)$. Предполагается, что в ходе последующих согласований совместимость отдельных позиций наращивается, в результате чего достигается эволюционная зрелость системы в целом. Мы допускаем, что моделирование названного состояния вполне возможно на основе полученных результатов.

Представленная структура может служить основой для: а) моделирования других позиций на n -уровне; б) определения позиций на T -уровне; в) выявления фактора, который приносит в систему глобальную согласованность. Сейчас мы имеем набор достаточно разрозненных фрагментов сети на n - и g - уровнях, которые представляют собой разные варианты порядка.

Оценка приложения. Представленные результаты свидетельствуют о пригодности модели для однопараметрического анализа эволюции планетных орбит. Подчеркнём, что модельные представления о протоструктуре и результатах её эволюции получены без применения физических законов и допущений о круговом движении. При учёте этого обстоятельства согласие модели и наблюдательных данных является вполне

удовлетворительным. Результаты работы дают возможность обсуждать достаточно тонкие структурные аспекты, которые не поддаются анализу при используемых сейчас физических методиках. Так, например, [11] показано, что представленные на рис.10 узлы комплекса, которые влияют на орбиту Юпитера ($k=6$), являются весьма важными: $n(r)=0,274079$ и $n(T)=3,607910$ есть базы 27-дневного и 11-летнего циклов солнечной активности соответственно. Установлено, что Нептун ($k=10'$) появляется в планетной системе как дополнительный элемент и нарушает её исходный порядок.

Отметим ряд деталей, которые, возможно, указывают на инвариантность некоторых позиций. 1. На первых же шагах анализа (рис.2) выяснено, что в модельном представлении на n -уровне базовое расщепление узлов $k=1$ и $k=10$ есть $\bar{\Delta}=1,260163$. По данным наблюдений (см. таблицу 1) $\bar{\Delta}=\sqrt{1,231959*1,289354}=1,260329$, т.е. результаты совпадают в пределах 0,01%. 2. Диапазон цикла в модели составляет $\Delta_c=11,36295/0,897774=12,65680$, а по наблюдательным данным $\Delta_c=11,36144/0,897242=12,66262$, т.е. имеем совпадение в пределах 0,05%. 3. Модельное соотношение $10\bar{\Delta}=\Delta_c$ выполняется при сравнении с результатами наблюдений в пределах 0,5%. 4. Представленная на рис.5 и 6 позиция основания $1,240694$ совпадает [11] с $n(c)=1/0,806753=1,239537$ для кометы Галлея в пределах 0,1%.

Поясним, используя логику [2], процесс движения планеты по орбите на примере Сатурна ($k=7$, рис.11). Здесь в связях имеются две противоречивые тенденции, которые образуют оппозицию $n(c) - n(d)$ при базе $n(b)$. Когда реализуются элементы оппозиции, пригодна жесткая логика: выполняется либо одна связь, либо другая. В остальных случаях необходима лингвистическая логика, а процесс можно сравнить с перетеканием: в некоторой промежуточной точке одна связь выполняется, скажем, на 15%, а другая – на 75%. В позиции $n(b)$ имеет место их равновесие. Разумеется, в промежуточных точках могут реализовываться и какие-то иные связи. При этом планета всё время меняет одну связь на другую, и по этой причине её движение не является плавным.

По нашему мнению, все расщепления должны зависеть от Δ_3 , но в работе удалось выявить только некоторые связи. Если представить все орбиты зависящими от указанного расщепления, то можно будет, используя [14] связь массы Солнца M_0/m_3 и Δ_3 , следить за характеристиками планетных орбит при изменении M_0/m_3 .

Основное достижение. 1. Предложена методика анализа расщеплений узлов на основе модели протоструктуры и параметра порядка n . 2. Показано, что исходной причиной расщеплений k -узлов является согласование ЖК и МК протоструктуры. 3. Построена система расщеплённых узлов в цикле 1:10. Прослежена их эволюция, в ряде случаев представлены границы неустойчивостей и показано, как они преодолеваются. 4. Выявлена связь расщеплений цикла 1:10 и его граничных узлов $k=1$ и $k=10$. 5. Продемонстрировано влияние на исследованную структуру узлового комплекса [11].

В приложении: 1. Показано, что модель пригодна для выявления весьма тонких процессов развёртывания структуры планетных орбит. 2. Установлено, что ведущей характеристикой системы планетных орбит является спектр параметра порядка n_k , который в случае каждой орбиты специализирован по элементам триады. 3. Представлен механизм формирования основных характеристик планетных орбит, а именно афелиев, перигелиев, а также малых и больших полуосей. 4. В среднем модельные и наблюдаемые

расстояния не различаются в пределах 0,06%. По параметру n_k аналогичное рассогласование не превышает 0,03%.

Нам неизвестны работы, в которых на структурной основе рассматривается формирование расщеплений в элементах спектра разрешенных состояний. Проблема отличия планетных орбит от круговых в физических моделях [16] также не решена. По указанной причине сравнение полученных результатов с иными исследованиями подобного рода затруднено.

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

ЛИТЕРАТУРА

1. Вейль Г. Симметрия. – М.: Наука, 1968. – 192 с.
2. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 167 с.
3. Карери Дж. Порядок и беспорядок в структуре материи. – М.: Мир, 1985. – 232 с.
4. Минский М. Фреймы для представления знаний. – М.: Энергия, 1979. – 154 с.
5. Мюррей К., Дермотт С. Динамика Солнечной системы. – М.: Физматлит, 2010. – 588 с.
6. Пригожин И., Стенгерс С. Время, хаос, квант. К решению парадокса времени. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 240 с.
7. Сафронов В.С. Проблемы образования планет. Происхождение Солнечной системы: сб. науч. Трудов / под ред. А.В. Витязева. – М.: Наука, 1983. с.5-23.
8. Смирнов В.Л. Анализ эволюции дискретных спектров для сложных систем различной природы // Сложные системы. – 2016. – № 2 (19). – С. 70-83.
9. Смирнов В.Л. Формирование параметра порядка при эволюции неспецифической сложной системы // Сложные системы. – 2016. – № 3 (20). – С. 79-92.
10. Смирнов В.Л. Формирование комплекса в процессе эволюции сложной самоорганизующейся системы // Сложные системы. – 2016. – № 4 (21). – С. 72-85.
11. Смирнов В.Л. Интерпретация комплекса, сформированного в сложной самоорганизующейся системе // Сложные системы. – 2016. – № 4 (21). – С. 86-98.
12. Смирнов В.Л. Неустойчивости в спектре разрешенных состояний сложной самоорганизующейся системы. Часть II // Сложные системы. – 2017. – № 1 (22). – С. 80-94.
13. Смирнов В.Л. Эволюция двух элементов спектра разрешенных состояний в неспецифической сложной системе // Сложные системы. – 2017. – № 4 (25). – С. 57-72.
14. Смирнов В.Л. Масштабные коэффициенты для совместного описания самоорганизующихся систем разной природы // Сложные системы. – 2018. – №2 (27). – С. 58-71.
15. Смирнов В.Л. Определение относительных масс планет по пространственно-временным характеристикам их спутников // Сложные системы. – 2018. – №3 (28). – С. 20-30.
16. Фейнман Р. Характер физических законов. – М.: Наука, 1987. – 160 с.
17. Хакен Г. Синергетика. – М.: Мир, 1980. – 383 с.
18. Haken H., Knyazeva H. Arbitrariness in Nature: Synergetics and Evolutionary Laws of Prohibition // Journal for General Philosophy of Science. – 2000. – Vol. 31, N 1. – P. 57-73.

SPLITTING OF THE ALLOWED STATES IN A COMPLEX SELF-ORGANIZED SYSTEM.

PART I.

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

St.Petersberg, Russian Federation

VladimirL.Smirnov@yandex.ru

Abstract. The paper considers scenarios of node splitting in a complex self-organized system, where nodes are components of the spectrum of the allowed states. In application, this allows us to explain the formation of the characteristics of planetary orbits in the Solar system. The research tool is

the previously proposed proto-structure understood as a primary system of relations, with the help of which situations are modeled on the numerical axis in the relative characteristics of objects of different nature. The proto-structure consists of a rigid and a soft component — numerical sequences, which, in their turn, consist of cycles, i.e. repeating sets of relations. The proto-structure is intended for a phased study of the evolution (deployment) of observed self-organized systems. On the basis of the rigid component of the proto-structure, an order parameter of the system is formed, which subordinates the other two relative characteristics.

The paper explores the process of matching the two components of the proto-structure resulting in the nodes in one of its cycles being split and shifted. Each node is represented by a spectrum, i.e. a set of positions, and any of them is interpreted as a separate element of the order parameter n , to which one of the positions at the lower level of the hierarchy is subordinate. The stability of the spectrum is interpreted as a consequence of the identical coincidence of nodes that belong to different nodal configurations and are interpreted in a mutually exclusive way. The selection procedure for the coordination of nodal configurations is a search engine, has a geometric nature, takes into account the background, and models the natural selection process in the system. The instability analysis is carried out using a special technique. A detailed discussion of the deployment of the system is presented.

The formation of the spatial structure of planetary orbits in the ecliptic plane of the Solar system is presented to show the applicability of the method. Initially, the role of the order parameter n is played by the relative angular momentum, which in the process of evolution is transformed into the spectrum of the order parameter n . The positions of the named spectrum define the perihelion, aphelion, and semi-axes of the planetary orbits. The deviation of model results from observational data by distance averages 0.06%.

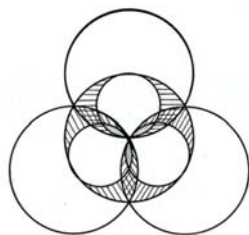
Keywords: evolution, self-organization, order parameter, planetary orbits.

REFERENCES

1. Weyl H. Symmetry. Princeton, New Jersey: Univ. Press, 1952, 376 p.
2. Zadeh L. Ponjatje lingvističeskoj peremennoj i ego primenjenje k prinjatiju približennyh rešenij [The Concept of a Linguistic Variable and its Application to Approximate Reasoning]. – M.: Mir, 1976. – 167 p.
3. Careri G. Order and Disorder in Matter. N.Y.: The Bengamin/Cumings Inc, 1984, 162 p.
4. Minsky M. Frames for knowledge representation. N.Y.: Ed. H. Winston, McGraw-Hill, 1975, 76 p.
5. Murray Carl D., Dermott Stanley F. Solar System Dynamics. Cambridge: University Press, 2009, 595 p.
6. Prigozhin I., Stengers S. Vremja, haos, kvant. K rešeniju paradoksa vremeni [Time, chaos, quantum. On the solution of the paradox of time] M.: Editorial URSS, 2003, 240 p.
7. Safronov V.S. Problemy obrazovanija planet. Proishozhdenie Solnečnoj sistemy [Problems of formation of planets. The origin of the Solar System]. M.: Nauka, 1983, pp. 5-23.
8. 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.
9. Smirnov V.L. Formation of order parameter in the evolution of nonspecific complex system. *Slozhnye sistemy – The complex systems*, 2016, no. 3(20), pp. 79-92.
10. Smirnov V.L. Formation of a Complex During Evolution of a Complex Self-Organized System. *Slozhnye sistemy – The complex systems*, 2016, no. 4(21), pp. 72-85.
11. Smirnov V.L. Interpretation of a Complex Formed in Complex Self-Organized System. *Slozhnye sistemy – The complex systems*, 2016, no. 4(21), pp. 86-98.

12. 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. 81-95.
13. 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.
14. Smirnov V.L. Scale Factor for Collective Description of the Various Nature Self-Organized Systems. *Slozhnye sistemy – The complex systems*, 2018, no. 2(27), pp. 58-71.
15. Smirnov V.L. Determination of the Planet Mass Through Spatiotemporal Properties of Their Satellites. *Slozhnye sistemy – The complex systems*, no. 3(28), 2018, pp. 20-30.
16. 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.
17. Haken H. Synergetics. N. Y.: Springer-Verlag, 1983, 356 p.
18. 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.

УДК 573.612/616



СИСТЕМА САМОВОСПРОИЗВОДСТВА ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

Устинкина Т. И. (д.м.н., ст.н.с.)

ФГБВОУ ВПО Военно-медицинская академия
имени С.М. Кирова МО РФ, Санкт-Петербург, РФ
ustinkina_t@rambler.ru

Аннотация. Онтогенез и функциональная организация самовоспроизводства организма человека осуществляются взаимодействием клеток соматического и зародышевого пути, составляющих двухконтурную систему прямых и обратных связей под управлением половых клеток. Диссипация энергии разветвления информации генома соматических клеток в условиях обмена веществом и энергией с внешней средой сопровождается кумуляцией информации в геноме половых клеток. Полагаем, что причиной диспропорционирования энтропии и накопления информации является внутримолекулярная магнитная изотопия химических элементов, обеспечивающих взаимосвязь генома половых и соматических клеток. Исследование функционирования генома в процессе взаимодействия половых и соматических клеток снимает неразрешимые противоречия между эпигенетической и синтетической концепциями эволюции и позволяет рассматривать процесс самоорганизации и развития на основе закономерностей единого Универсального эволюционизма.

Ключевые слова: самоорганизация, воспроизводство, развитие, геном, половые клетки, соматические клетки, обратные связи, эволюция.

ВВЕДЕНИЕ.

Современная естественнонаучная картина мира порождает новое понимание сложности процессов развития, вносит новые смыслы в прежние понятия, побуждает, наконец, к переосмыслению многих устоявшихся представлений, связанных с дисциплинарной фрагментарностью. На смену постклассической философии науки пришла постнеклассическая философия, обогащенная универсальными принципами системного анализа, теории управления, синергетики [1, 9-11, 18-20].

В настоящей работе мы выходим из рамок узкопрофессиональной клинической специализации и пытаемся рассмотреть вопрос самовоспроизводства организма человека с междисциплинарных позиций синергетики. Цель исследования – «увидеть лес за деревьями», «с высоты птичьего полета» понять общую линию движения, организации и функционирования системы самовоспроизводства, базируясь на общеизвестных положениях медико-биологических и физико-химических дисциплин. Для этого, с опорой на логику теории управления и системного анализа, проанализируем процесс онтогенеза основных структур, обеспечивающих репродуктивную функцию человека, и взаимосвязи между этими структурами.

ОНТОГЕНЕЗ САМООРГАНИЗАЦИИ РЕПРОДУКТИВНОЙ ФУНКЦИИ.

Онтогенез самоорганизации репродуктивной функции человека рассматривается как пространственно-временное структурирование биосистемы,

обусловленное слиянием родительских половых клеток в определенных условиях среды. В этом случае зародившееся новое поколение биосистемы манифестируется новым качеством: материал двух половых клеток, каждая из которых содержит набор из двадцати двух аутосом и одну половую хромосому, объединяется и образует одноклеточный организм (зиготу) с двойным набором аутосом и половых хромосом. Сложившаяся в процессе оплодотворения пара половых хромосом определяет *генетический пол* нового организма. Шансов на выживание этого организма – не более чем 50%. Такова, по меньшей мере, доклиническая элиминация зигот. Хаотизация генома зиготы, связанная с объединением хромосом в двойной набор, преодолевается самоорганизацией нового порядка. Уже на следующие сутки эта система вступает в последовательные дробления, становясь равномерно многоклеточной, с дальнейшим слоистым строением и появляющимися первыми признаками клеточной дифференциации. К второй-третьей неделе обнаруживаются первичные половые клетки, т. е. к этому времени клеточный пул системы состоит из двух подсистем: зародышевой (половые клетки) и соматической (все остальные клетки). Состоявшаяся бифуркация предопределяет ход дальнейших событий в организации самовоспроизводимой системы организма в целом.

Клетки зародышевого пути будут приумножаться и дифференцироваться по единственному направлению – гаметогенезу, тогда как клетки соматического пути будут интенсивно множиться, неоднократно дифференцироваться и специализироваться по многим направлениям, образуя фрактальную архитектуру органных подсистем сомы. Стратегией развития становится структурно-функциональная организация самовоспроизводимой системы, управляемой клетками зародышевого пути в условиях обмена веществом и энергией со средой. Под влиянием информации первичных половых клеток индифферентные в половом отношении соматические клетки зачатков гонад к четвертой неделе дифференцируются на эпителиальные и интерстициальные клетки специфичные либо для яичников, либо для яичек – устанавливается *гонадный пол*. Сформировавшиеся половые железы начинают вырабатывать гормоны, способствующие развитию внутренних и наружных половых органов, в результате чего к девятой неделе устанавливается *генитальный пол*. Далее в переплетениях процессов клеточной дифференциации и морфогенеза, с участием половых гормонов, формируются и начинают функционировать органы саморегуляции воспроизводства: к 16-й неделе – зрительный перекрест и гипофиз, к 20-й – гипоталамус. Нейрогормональные гипоталамо-гипофизарные структуры включаются в обратную связь с гормональными клетками гонад.

Стоит отметить, что в регуляции самоорганизации плода до формирования собственной нейрогормональной цепи участвует материнская среда, в том числе и материнские гормоны. В течение второй половины внутриутробного развития плода материнское гормональное влияние убывает и к моменту рождения ребенка становится совсем слабым. В период детства половые клетки и нейрогормональная цепь гонады-гипофиз-гипоталамус остаются в состоянии относительного покоя.

Пубертатная активация делений половых клеток и вхождение в мейоз стимулируют активность гипоталамо-гипофизарного комплекса и гонадного стероидогенеза, что приводит к окончательному формированию центральной нервной

системы и сомы в целом – складывается женский или мужской *фенотипический пол*. Организм выходит на плато репродуктивного периода жизни с потенциалом, достаточным для возникновения новых поколений биосистемы.

Таким образом, пространственно-временное структурирование самовоспроизводимой системы от микроскопической одноклеточной к макроскопической многоклеточной, с появлением первичных половых клеток зародыша обеспечивается взаимодействием с соматическими клетками, в условиях обмена веществ и энергии с внешней средой. Развивающиеся клетки зародышевого пути выступают как управляющий фактор развития клеток соматического пути. Цепь необратимых событий в обеих клеточных линиях идет с нарастающим усложнением организованности, повышением иерархической упорядоченности, зависимостью последующих уровней от предыдущих; на каждом шагу возникают новые качества. Установление полного цикла гаметогенеза и появление фенотипа зрелой половой клетки завершает и становление соматического фенотипа половозрелого организма. Сложившаяся дефинитивная система самовоспроизводства готова участвовать в возникновении систем нового поколения.

ВЗАИМОСВЯЗИ КЛЕТОК ЗАРОДЫШЕВОГО И СОМАТИЧЕСКОГО ПУТИ.

Какие внутренние сигналы или молекулы каких веществ осуществляют взаимосвязанное управление множеством клеток в системе самовоспроизводства организма, хорошо известно. По химическому строению последние классифицируются на три основные группы: ацетилхолин и биогенные моноамины, белково-пептидные гормоны, стероидные гормоны.

Уже молекулярная система зиготы активно синтезирует ацетилхолин и биогенные моноамины (серотонин, катехоламины). Первооткрыватель значения этих веществ в раннем эмбриогенезе Г.А. Бузников, исходя из дефинитивной функции, назвал их донервными нейротрансмиттерами и доказал, что внутриклеточная рецепция моноаминов запускает деление зиготы с образованием механизма межклеточной передачи и рецепции сигнала на поверхностной мембране клеток. Помимо универсальной роли во внутриклеточной и межклеточной передаче сигнала, показал также роль моноаминов, как триггеров дифференцировки половых клеток и регуляторов гаметогенеза [5]. В процессе индивидуального развития функция моноаминов возрастает, и в синапсах нейронных сетей они являются классическими нейротрансмиттерами.

Эпителиальные клетки гонад синтезируют множество белков: ферменты, факторы роста, цитокины, гормоны, белки-транспортёры других гормонов, белки-рецепторы, белки-транспортёры ионов железа, меди и других элементов, т. е. белки, молекулы которых участвуют в поддержании метаболизма и в морфогенезе других клеток. Среди белков эпителиальных клеток гонад особое место занимает ингибин – гормон, синтезируемый под жестким контролем клеток зародышевой линии.

Интерстициальные клетки гонад являются основным источником стероидных половых гормонов – андрогенов, биосинтез которых осуществляется под стимулирующим влиянием ингибина и инсулиноподобного фактора роста эпителиальных клеток гонад. Часть андрогенов переходит в эпителиальные клетки

гонад, где под влиянием фермента ароматазы преобразуется в эстрогены. И андрогены, и эстрогены поступают в гуморальное русло, связываются с соответствующими рецепторами соматических клеток-мишеней, проникают в клетку, в составе гормон-рецепторного комплекса соединяются с цитозольным рецептором клеточного ядра и участвуют в транскрипции гена. Экспликация генетической информации играет главную роль в становлении фенотипа клетки и, соответственно, биосистемы в целом.

Таким образом, базовая сигнальная, внутриклеточная и межклеточная, взаимосвязь биогенными моноаминами уже на ранних этапах онтогенеза биосистемы обогащается сигналами посредством белков и поддерживается подсистемой стероидогенеза, продукты которой участвуют в функционировании генома соматических клеток.

Рецепторы к биогенным моноаминам, белково-пептидным и стероидным гормонам присутствуют во всех соматических клетках, в том числе в клетках нервной ткани, являясь важным фактором интеграции информации о себе. Итоговая координация взаимосвязей между нейронами и клетками исполнительных органов происходит в гипоталамусе. Под воздействием нейротрансмиттеров в его ядрах синтезируются нейропептидные гормоны – либерины. В плане самовоспроизводства целого, гипоталамус секретирует гонадолиберин, его рецепция в гипофизе активирует биосинтез и секрецию гонадотропных фолликулостимулирующего и лютеинизирующего гормонов (ФСГ и ЛГ). Здесь нужно отметить важную бифуркацию в гормональной цепи, обратную той, что происходит на стадии дифференциации клеток половых желез, а именно: гонадотропоциты одного типа секретируют два гонадотропных гормона гипофиза – ФСГ, стимулирующий функцию эпителиальных клеток, и ЛГ, стимулирующий функцию интерстициальных клеток гонад. Тем самым управляющая стратегия клеток зародышевого пути замыкается в круге клеток соматического пути положительными обратными связями со стороны нейроэндокринного гипоталамо-гипофизарного комплекса. При этом формирование порочных кругов в управлении тормозится воздействием ингибина на биосинтез ФСГ. Ингибин секретируется эпителиальными клетками гонад только при достаточной продукции половых клеток. Эта опосредованная ингибином отрицательная обратная связь половых клеток с собой дополняется еще и отрицательной обратной связью через подсистему стероидогенеза, так как ингибин эпителиальных клеток гонад оказывает стимулирующее воздействие на биосинтез и секрецию половых гормонов в интерстициальных клетках гонад, что приводит к понижению биосинтезов ЛГ в гипофизе. В результате формируется динамическая двухконтурная система управления самовоспроизводством с положительной корреляцией между показателями активности гаметогенеза и синтеза гормонов половых желез при отрицательной корреляции между показателями активности гаметогенеза и синтеза гипоталамо-гипофизарных гормонов (рис. 1).

Прямые управляющие (сплошные линии) и обратные регулирующие (пунктирные линии) связи во взаимодействиях клеток зародышевого и соматического путей.

количественной продукции. В таком случае дефицит половых клеток и, соответственно, возможность их управляющего влияния на соматические клетки, проявляется возрастанием обратного давления сомы, с возникновением порочного круга взаимосвязей в круге клеток соматического пути [14-17]. Клиническая картина порочного круга хорошо известна эндокринологам, как гипергонадотропная недостаточность функции гонад.

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ САМОВОСПРОИЗВОДСТВА БИОСИСТЕМЫ.

Обрисованные закономерности самовоспроизводства открытой сложно-структурированной системы организма человека показывают, что последовательность процессов самоорганизации, т.е. динамика сохранения целостности в процессе перехода от микро- к макроструктуре, решается двуединым онтогенезом клеток зародышевого и соматического пути. При этом относительно малому числу половых клеток – факторов порядка подчиняется огромное количество управляемых ими клеток соматического пути. Принцип подчинения выступает здесь налицо. Положительными обратными связями сома поддерживает гаметогенез, но, говоря словами П.К. Анохина [2], «результат господствует над системой, и над всем формированием системы доминирует влияние результата. Результат имеет императивное влияние на систему: если он недостаточен, то немедленно эта информация о недостаточности результата перестраивает всю систему». Действительно, недостаточный гаметогенез переводит систему самовоспроизводства в режим порочного круга.

Надо полагать, что онтогенез и функционирование самовоспроизводимой системы обеспечиваются в приемлемых средовых условиях потоком взаимосвязанных процессов функционирования микроструктуры генома половых и соматических клеток, совместно организующих морфогенез и поддерживающих относительное постоянство или стационарность макроструктуры целого организма. В этих процессах подвижность генома клеток соматического пути реализует *прошлую*, т.е. родительскую, информацию в условиях окружающей среды, а подвижность генома клеток зародышевого пути формирует *новую* информацию для следующего поколения. Напряжение двух противоположностей: *реализации* информации прошлого и *становления* информации будущего – несет в себе необратимость и направленность процесса. При таком явно оппозиционном характере функционирования генома клеток зародышевого и соматического пути управление исходит от половых клеток, к ним же поступает обратная оперативная информация сомы, реализующей унаследованную родительскую информацию. Поддержание подобной цикличности взаимосвязей обеспечивает устойчивость и гибкость системы самовоспроизводства.

На языке динамической теории информации [19] процесс самоорганизации воспроизводства может быть описан как информационная программа циклических преобразований, включающая управляющий фактор (клетки зародышевой линии) и управляемый объект (клетки соматической линии) с аналоговыми блоками (биогенные моноамины, белково-пептидные молекулы рецепторов, ферментов, гормонов и др.) и динамической подпрограммой стероидогенеза (синтеза молекул стероидных половых гормонов). Управление посредством аналоговых блоков быстро решает частные эпигеномные вопросы клеток. Динамическая подпрограмма стероидогенеза выполняет

как негеномные задачи – участвует во взаимосвязях с аналоговыми блоками, так и геномные – участвует в транскрипции генов соматическими клетками. Координация элементов программы управления самовоспроизводством осуществляется через положительные обратные связи с помощью аналоговых блоков, поддерживаемых подпрограммой стероидогенеза. Они обеспечивают обмен оперативной информацией при обмене энергией и материальными компонентами со средой, а также накопление новой информации, контролирующей устойчивость системы с помощью отрицательной обратной связи.

Протекающий таким образом процесс развертывания генетической информации клеток соматического пути в условиях обмена веществами со средой сопровождается последовательным накоплением ценной информации о соме клетками зародышевого пути. При этом ценной будет только та ее часть, которая, являясь адекватной, т. е. функционально соответствующей саморазвитию соматических клеток, оказывается адекватной и саморазвитию клеток зародышевой линии. Завершение «верстки» отобранной информации с перетасовкой в мейозе манифестируется формированием зрелой гаметы. Очевидно, что подобные условия очень и очень лимитируют отбор половых клеток, адекватных самовоспроизводимости системы. По сути, самовоспроизводство осуществляется как итеративный процесс программирования с элиминацией астрономического количества «расходного материала». В результате даже на уровне зрелых половых клеток потери – огромные, далеко не каждая гамета способна участвовать в процессе оплодотворения. Отбор генома завершается только при слиянии гаплоидной гаметы каждого из родителей с переходом в новое качество диплоидного генома сформировавшейся зиготы. Новое поколение системы вступает в свой процесс самовоспроизводства со своим сопутствующим отбором на разных структурных уровнях системы и системы в целом. Такой путь стабилизирующего отбора генома охраняет устойчивость исторически сложившейся информационной программы, поддерживает процесс жизни, является инструментом зарождения и совершенствования новых структур на основе предшествующей информации. В итоге наследуется обособленная информационная структура, которая содержит проект конструкции для следующего поколения. Реализация сложившейся информации проекта снова будет зависеть от внутренней причины развития в окружающем общем потоке дезорганизации с возрастающей энтропией.

Считывание информации генома и деградация клеток соматической линии, в диалектическом единстве с записью информации и развитием генома клеток зародышевой линии, связывают единственный цикл соматического пути (жизнь индивида) с множественностью циклов зародышевого пути (циклы гаметогенеза индивида).. Если онтогенез реализуется сопряжением множества циклов гаметогенеза с единственным циклом сомы, то в филогенезе множество циклов сомы объединено единым зародышевым путем – источником новых направлений видообразования. По словам классика кибернетики Н. Винера, «Мы лишь водовороты в вечно текущей реке. Мы представляем собой не вещество, которое сохраняется, а форму строения, которая увековечивает себя».

Возникающий в каждом новом поколении новый круг взаимосвязей клеток зародышевого и соматического пути снимает, с нашей точки зрения, неразрешимые противоречия эпигенетической и синтетической концепций эволюции и позволяет осознать эволюционный процесс на основе закономерностей единого Универсального эволюционизма, «номогенеза» (в терминологии Л.С. Берга [3]), развертывания «фундаментального кода Вселенной» (в концепции А.А. Яшина [20]). Функционирование генома, как автомата самовоспроизводства, во взаимосвязях клеток зародышевой и соматической линии рассматривается нами как важнейший элемент «жизненного потока» А. Бергсона [4], «стрелы времени» И.Р. Пригожина [11], «сходящейся спирали развития» Р.Ф. Абдеева [1].

Надо полагать, что считывание информации генома соматических и упорядочивание информации генома половых клеток осуществляется под воздействием энергии итеративных процессов химического катализа и репликации, происходящих при обмене веществ с внешней средой. Химические процессы обеспечивают перевод микропорядка родительского генома в события макроскопического уровня и установление нового микропорядка генома для системы следующего поколения. Взаимосвязь самоорганизации низкоэнтропийной структуры гаметогенеза с самоорганизацией и функционированием высокоэнтропийной диссипативной фрактальной структуры множественных подсистем сомы обеспечивается, как показано на рис.1, двухконтурной системой управления с положительными и отрицательными обратными связями. При этом оперативная информация сомы, циркулирующая в круге взаимосвязей соматических клеток со средой, поддерживает гомеостаз на основе целевой функции системы и воздействует на половые клетки, обеспечивающие необратимость и направленность развития в будущее. Иными словами, энергия развертывания информации генома соматических клеток при метаболических преобразованиях веществ кумулирует информацию генома половых клеток, создающую антиэнтропийную направленность процесса самовоспроизводства. Эта взаимообусловленность процессов считывания и записи информации поддерживает стационарность биосистемы. Собственно необходимость диспропорционирования энтропии в эволюции жизни подробно рассматривается академиком Э.М. Галимовым в концепции упорядочения [7]. Приведенные нами факты взаимообусловленности функционирования генома половых и соматических клеток свидетельствуют о том, что именно на этом уровне происходит диспропорционирование энтропии. По всей видимости, базовый энергогенерирующий аппарат метаболизма в организме, осуществляемый, в основном, химическими преобразованиями аденозинтрифосфата (АТФ), разнонаправленно срабатывает на уровне генома половых и соматических клеток.

Возможно, механизм диспропорционирования – это магнитная изотопия химических элементов, участвующих в функционировании генома. Конечно, предположение нуждается в научной проверке, но основания для гипотезы можно увидеть в следующем. Всего четыре химических элемента -- С, Н, О, N – составляют 99% материи организма, и каждый из этих элементов (как и многие микроэлементы) характеризуется магнитной изотопией. Притом все организмы характеризуются определенным изотопным составом веществ и наличием четких взаимоотношений

между ними, своей «изотопной картой» [13]. Это означает, что биосистема использует различия в квантовых характеристиках химических элементов. В ионно-радикальной паре одного и того же элемента один изотоп является источником магнитных эффектов, второй – приемником магнитных полей. Магнитный изотопный эффект проявляется в реакциях, запрещенных по электронному спину. Известно влияние внутримолекулярного фракционирования изотопов на скорость химических реакций, энергетическое состояние и ядерный магнетизм реагирующих систем, в частности, существование таких пар обнаружено в ферментативном синтезе АТФ и в репликации ДНК [6]. Считаем, что проявляющаяся в ходе биологической эволюции магнитная изотопия элементов явилась предпосылкой (и является необходимым фактором) диспропорционирования энтропии с локальным повышением упорядоченности. Факты абиогенного синтеза углеводов, аминокислот, нуклеиновых оснований и многих других органических соединений давно установлены. Элемент в изотопных формах – абиогенная система, система с внутренним напряжением, которая, на наш взгляд, может быть регулировочным механизмом на молекулярном и атомном уровне, источником собственного электромагнитного поля, выполнять связующую роль необратимых процессов с повышением энтропии на одном уровне системы и понижением на другом ее уровне. В нашем случае – с повышением энтропии на уровне функционирующего генома соматических и понижением на уровне генома половых клеток. Таким механизмом сопряженных неравновесных процессов, поддерживаемых энергией внешней среды, удерживается стационарное состояние системы самовоспроизводства целого организма. Здесь мы вплотную подходим к физике собственно живого и эволюционных процессов, разрабатываемой А.А. Яшиным в концепции информационно-полевой самоорганизации биосистем [20]. Онтологическую сущность процесса самоорганизации автор этой концепции видит в поддержании более устойчивых форм организации материи на фоне менее устойчивых, а значит, и менее отвечающих целевому направлению эволюции. В рассматриваемой нами биосистеме развитие и функционирование генома половых клеток, как управляющего фактора самовоспроизводства, является более устойчивой формой организации, осуществляемой в сопряжении с функционированием менее устойчивой организации генома соматических клеток. В центре этой самовоспроизводимой системы открывается триада «энергия–структура– информация». Очевидно, что при одной и той же структуре генома половых и соматических клеток внутримолекулярная магнитная изотопия составляющих химических элементов может осуществлять диспропорционированность энтропии и накопление информации в исторически развивающемся процессе эволюции живой материи.

Здесь уместно также отметить школу квантовой медицины С.П. Ситько, которая рассматривает организм как целостную квантовую систему, четвертый уровень квантовой организации материи после ядерного, атомного и молекулярного уровней квантовой лестницы Вайскопфа. «Электромагнитный каркас» организма благодаря силе когерентности обладает суперустойчивостью, позволяющей постоянно контролировать, осуществлять и корректировать ретрансляцию генома стандартными механизмами биохимической наследственности» [12]. О контроле клеточной регуляции электромагнитными взаимодействиями в генетическом аппарате высказывается и автор

концепции волнового генома П.П. Гаряев [8]. По-видимому, в основе обеих дискуссионных концепций лежит ядерно-магнитное управление в системе генома. Во всяком случае, природная возможность такого механизма управления химическими реакциями и передачи больших массивов информации заложена в свойстве магнитной изотопии химических элементов биосистемы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Закономерности формирования и функционирования процесса самовоспроизводства организма человека демонстрируют системоорганизующую роль управления клетками зародышевого пути по принципу круговой причинности. Зародышевый путь правит соматическим путем, но невозможен без него. В целом оба пути составляют герменевтический круг. Двухконтурная организация управления самовоспроизводством вынуждает следовать к цели-аттрактору – зародышевым клеткам. Поддерживаемые средой энтропийные процессы развертывания информации генома клеток соматического пути и антиэнтропийные процессы накопления информации в клетках зародышевой линии связывают предшествующие и последующие поколения, являются проводником эволюции биосистемы, внутренней тягой единого Универсума от Большого взрыва до отдельных организмов, занимающих свое место в иерархии системных объектов суперсистемы нашей Вселенной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдеев Р.Ф. Философия информационной цивилизации. – М.: ВЛАДОС, 1994. – 336 с.
2. Анохин П.К. Философские аспекты теории функциональной системы. Избранные труды. – М., «Наука», 1978. – 399 с.
3. Берг Л.С. Труды по теории эволюции (1922–1930). – Л.: Наука, 1977. – 387 с.
4. Бергсон А. Творческая эволюция / пер. с фр. В. Флеровой; вступ. ст. И. Блауберг. – М.: ТЕРРА-Книжный клуб; КАНОН-пресс-Ц, 2001. – 384 с.
5. Бузников Г.А. Донервные трансмиттеры как регуляторы эмбриогенеза. Современное состояние проблемы // Онтогенез. – 2007. – № 4 (38). – С. 262-270.
6. Бучаченко А.Л. Магнитно-зависимые молекулярные и химические процессы в биохимии, генетике и медицине // Успехи химии. – 2014. – № 1 (83). – С. 1-12.
7. Галимов Э.М. Феномен жизни: между равновесием и нелинейностью. Происхождение и принципы эволюции. – М.: Едиториал УРСС, 2001. – 256 с.
8. Гаряев П.П. Волновой геном. – М.: Общественная польза, 1993. – 280 с.
9. Князева Е.Н. ECO-EVO-DEVO-PERSPECTIVE: Новые возможности междисциплинарного синтеза // Сложные системы. – 2014. – № 3 (12). – С. 13–32.
10. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Законы эволюции и самоорганизации сложных систем. – М.: Наука, 1994. – 238 с.
11. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой / пер. с англ. Ю.А. Данилова. – М.: Прогресс, 1986. – 432 с.
12. Ситько С.П. Жизнь как четвертый уровень квантовой организации природы // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2007. – № 1 – С.39-50.
13. Соботович Э.В. Геохимия стабильных изотопов некоторых биогенных элементов в биосфере / Э.В. Соботович, О.Б. Лысенко, Ю.Н. Демихов, Н.А. Скульский // Збірник наукових

праць Інституту геохімії навколишнього середовища. – 2013. – Вип. 22. – С. 43-68. URL http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpigns_2013_22_5. (дата обращения 20.01.2018).

14. Устинкина Т.И. Взаимоотношения половых и соматических клеток гонад в патогенезе первичной тестикулярной недостаточности у мужчин // Клини. мед. и патофизиол. – 1999. – № 2. – С. 54-57.

15. Устинкина Т.И. Общие вопросы патогенеза гипогонадизма с позиций системного подхода // Клини. патофизиол. – 2002. – № 1. – С. 48-52.

16. Устинкина Т.И. Роль половых клеток в структурно-функциональной организации и генезе нарушений мужской репродуктивной системы / Т.И. Устинкина, С.Б. Шустов // Клини. патофизиол. – 2006. – № 1. – С. 98-102.

17. Устинкина Т.И. Общие вопросы эндокринологии мужской половой системы: структурно-функциональная организация, этиопатогенез недостаточности и основные формы нарушений половых желез // Проблемы эндокринологии. – 2007. – № 6. – С. 34-40.

18. *Хакен Г.* Тайны природы. Синергетика: учение о взаимодействии / пер. с нем. А.Р. Логунова – Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. – 320 с.

19. Чернавский Д.С. Синергетика и информация: динамическая теория информации. – изд. 3-е, стер. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2015. – 304 с.

20. Яшин А.А. Живая материя: Физика живого и эволюционных процессов. – М.: Издательство ЛКИ, 2007. – 264 с.

HUMAN BODY SELF REPRODUCTION SYSTEM

Ustinkina T.I. (Dr. Sci. (Medicine))

Kirov Military Medical Academy, Saint-Petersburg, Russian Federation;

ustinkina_t@rambler.ru

Abstract. Ontogenesis and functional organization of the self-reproduction of the human body are carried out by the interaction of the somatic and germ-line cells that make up the double-circuit system of direct and inverse connections under the control of germ cells. The dissipation of the energy of the unfolding information of the genome of somatic cells under conditions of the exchange of matter and energy with the external environment is accompanied by the accumulation of information in the genome of germ cells. We believe that the cause of the disproportionation of entropy and the accumulation of information is the intramolecular magnetic isotopy of chemical elements that ensure the interconnection of the genome of sex and somatic cells. The study of the functioning of the genome in the process of interaction between sex and somatic cells removes the insoluble contradictions between the epigenetic and synthetic concepts of evolution and allows us to consider the process of self-organization and development on the basis of the laws of a single Universal Evolutionism.

Key words: self-organization, reproduction, development, genome, germ cells, somatic cells, feedbacks, evolution.

REFERENCE

1. Abdeev P.F. *Filosofiya informatsionnoj tsivilizatsii*. M.: VLADOS, 1994, 336 p.
2. Anohin P. K. *Filosofskie aspekty teorii funkcional'noj sistemy*. Izbrannye trudy. M., «Nauka», 1978, 399 p.
3. Berg L. S. *Trudy po teorii jevoljucii (1922–1930)*. L.: Nauka, 1977, 387 p.
4. Bergson A. *Tvorcheskaja jevoljucija*. Per. s fr. V. Flerovoj; vstup. I. Blauberger. M.: TERRA-Knizhnyj klub; KANON-press-C, 2001, 384 p.

5. Buznikov G. A. Donervnye transmittersy kak reguljatory jembriogeneza. Sovremennoe sostojanie problem. *Ontogenez*, 2007, vol. 38, no. 4, pp. 262-270.
6. Buchachenko A.L. Magnitno-zavisimye molekulyarnye i himicheskie protsessy v biohimii, genetike i meditsine. *Uspehi himii*, 2014, no. 1(83), pp. 1-12.
7. Galimov Je.M. Fenomen zhizni: mezhdu ravnovesiem i nelinejnost'ju. Proishozhdenie i principy jevoljucii. M.: Editorial URSS, 2001, 256 p.
8. Garjaev P.P. Volnovoj genom. M.: Obshhestvennaja pol'za, 1993, 280 p.
9. Knjazeva E.N. ECO-EVO-DEVO-PERSPECTIVE: Novyye vozmozhnosti mezhdistsiplinarnogo sinteza. *Slozhnyye systemy – The complex systems*, 2014, no. 3 (12), pp. 13-32
10. Knjazeva E. N., Kurdjumov S. P. Zakony jevoljucii i samoorganizacii slozhnyh system. M.: Nauka, 1994. – 238 s.
11. Prigozhin I., Stengers I. Porjadok iz haosa. Novyj dialog cheloveka s prirodoy. M.: Progress, 1986, 431 p.
12. Sit'ko S. P. Zhizn' kak chetvertyj uroven' kvantovoj organizacii prirody. *Biomedicinskie tehnologii i radiojelektronika*, 2007, no. 1, pp. 39-50.
13. Sobotovich Je.V. Geohimija stabil'nyh izotopov nekotoryh biogennyh jelementov v biosfere. Je. V. Sobotovich, O .B. Lysenko, Ju. N. Demihov, N. A. Skul'skij. *Zbirnik naukovih prac' Institutu geohimii navkolishn'ogo seredovishha*, 2013, vip. 22, pp. 43-68. URL http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpigns_2013_22_5. (data obrashhenija 20.01.2018).
14. Ustinkina T. I. Vzaimootnoshenija polovyh i somaticheskikh kletok gonad v patogeneze pervichnoj testikuljarnoj nedostatochnosti u muzhchin. *Klin. med. i patofiziol.*, 1999, no. 2, pp. 54-57.
15. Ustinkina T. I. Obshhie voprosy patogeneza gipogonadizma s pozicij sistemnogo podhoda. *Klin. patofiziol.*, 2002, no. 1, pp. 48-52.
16. Ustinkina T. I. Rol' polovyh kletok v strukturno-funkcional'noj organizacii i geneze narushenij muzhskoj reproduktivnoj sistemy /T. I. Ustinkina, S. B. Shustov. *Klin. patofiziol.*, 2006, no. 1, pp. 98-102.
17. Ustinkina T. I. Obshhie voprosy jendokrinologii muzhskoj polovoj sistemy: strukturno-funkcional'naja organizacija, jetiopatogenez nedostatochnosti i osnovnye formy narushenij polovyh zhelez. *Problemy jendokrinologii*, 2007, no. 6, pp. 34-40.
18. Haken G. Tajny prirody. Sinergetika: uchenie o vzaimodejstvii. Moskva-Izhevsk: Institut komp'juternyh issledovanij, 2003, 320 p.
19. Chernavskij D. S. Sinergetika i informacija: dinamicheskaja teorija informacii. Izd. 3-e, ster. M.: Knizhnyj dom «LIBROKOM», 2015, 304 p.
20. Jashin A.A. Zhivaja materija: Fizika zhivogo i jevoljucionnyh processov. M.: Izdatel'stvo LKI, 2007, 264 p.