

# НАУЧНО • ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Серия 2. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ И СИСТЕМЫ  
ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

Издается с 1961 г.

№ 4

Москва 2020

## ОБЩИЙ РАЗДЕЛ

УДК 111.3:117:001.1

В.В. Шустов

### Материя и ее состояние как основа понимания феноменов информации, сознания и других нематериальных сущностей

*В рамках материалистического подхода к описанию естественнонаучной картины мира весь существующий мир в целом рассматривается как материя в различных ее состояниях. Предложена концепция и дано описание свойств материи как единства материальной субстанции и её состояния. Показаны логичность и удобство предложенного подхода. Выявлена нематериальная сущность таких понятий как информация, сознание и многих других, для которых трудно дать адекватные определения.*

**Ключевые слова:** материя, состояние материи, материальный объект, нематериальная сущность, информация, сознание

DOI: 10.36535/0548-0027-2020-04-1

#### ВВЕДЕНИЕ

С давних пор человека интересовали мировоззренческие вопросы: как устроен мир, как его можно познать и какое место занимает он сам и его окружение в этом большом, сложном и стремительно меняющемся мире.

В настоящее время связи с техническим прогрессом и, в особенности, с развитием компьютерных и информационных технологий особый интерес проявляется к рассмотрению понятий: что такое реальность, материя, информация, сознание, как человек может управлять собой и другими объектами и судь-

ектами нашего мира. Это стало особенно актуально в связи с исследованиями в области создания искусственного интеллекта и практическими работами в этом направлении.

Различным аспектам этих понятий посвящено множество книг [1-8], научных статей [9-13], дискуссий в Интернете, но, тем не менее, полной ясности в их понимании нет. Например, по поводу информации в [1, с. 8] написано, что «*термин информация прочно вошел в самые различные отрасли науки и техники, в повседневную жизнь. Однако точное и исчерпывающее его определение остается одной из труднейших научных задач*».

Адекватные представления об этих понятиях, на наш взгляд, можно получить лишь при рассмотрении наиболее общих закономерностей развития мира, изучаемых на философском уровне. Частные науки, даже самые фундаментальные, глубоко исследуют мир со своей, предметной точки зрения, однако, в сущности, они не имеют цели и не ставят задачу дать цельную картину мира во всем его многообразии.

В настоящей работе делается попытка взглянуть на все эти понятия с единой позиции, а также предлагается концепция, объединяющая такие сущности как материя, информация, сознание и многие другие, для которых трудно дать определения, которые устраивали бы большинство исследователей.

## **1. МАТЕРИАЛИСТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ МИРА**

### **1.1. Материалистический и идеалистический подходы к описанию мира**

Каждое явление или вещь можно рассматривать с разных точек зрения. Известна притча о незрячих, подошедших к слону: одним кажется, что слон – это змея, другим – это ствол, третьим – веревка, в зависимости от того, к какой части тела животного они дотронулись.

Понятия «материя» и «сознание» принято рассматривать антропоцентрически, т. е. с точки зрения человека – существа, обладающего органами чувств и разумом. При таком подходе и возникает вопрос об объективности существования мира и о первичности материи или сознания. Так как сознание человека получает сведения об окружающем мире только от своих органов чувств в виде ощущений, то затруднительно доказать независимость существования материального мира от сознания. Различные философские системы по-разному решают этот вопрос. Поэтому необходимо принять то или иное предположение, соглашение о соотношении материального и идеального, сделать выбор одной из альтернатив основного вопроса философии.

Практика человеческой деятельности показала, что удобно и экономно для мышления принять положение об объективности существования материи и независимости ее от сознания. Этой точки зрения и будем придерживаться.

Однако, на наш взгляд, материалистическое и идеалистическое понимание мира выражают, в сущности, просто различные точки зрения на описание

единого сложного и многоликого мира, в котором живет человек и его окружение.

Материалистическое понимание мира отражает объективную точку зрения, при которой принято считать, что материя не зависит от существования личности и всего человечества (однако, разработанную человеком, в понятиях человека и для использования в его интересах). Идеалистическое понимание мира выражает субъективную точку зрения отдельных представителей человечества, которые по своему интерпретируют отдельные стороны познания человеком окружающего мира.

Материю определяют как философскую категорию, обозначающую объективную реальность и рассматривающую мир с точки зрения его существования в пространстве и времени.

Реальность – понятие, определяющее существующий мир во всем его многообразии предметов, процессов и явлений с точки зрения познания мира.

По существу материальность и реальность определяют одинаково всеобщие понятия, и будут далее использоваться нами на одинаковых основаниях.

### **1.2. Базовые понятия мира**

При определении какого-то понятия его часто сводят к более общему, родовому понятию, а для его выделения используют видовое отличие. В частности, в [14, с. 129] указано, «*что значит дать "определение"? Это значит, прежде всего, подвести данное понятие под другое, более широкое. Есть ли более широкие понятия, с которыми могла бы оперировать теория познания, чем понятия: бытие и мышление, материя и ощущение, физическое и психическое?*».

Таковыми общими категориями, не сводимыми к другим, являются **материя, пространство и время**.

Другой путь определения понятия – дать описание его существенных свойств и особенностей, а также установить, как оно связано и соотносится с другими понятиями и представлениями в определенной области человеческого знания.

При материалистическом понимании бытия, подтверждаемого всей практикой человеческой деятельности, считается, что «*в мире нет ничего, кроме движущейся материи, и движущаяся материя не может двигаться иначе, как в пространстве и времени*» [14, с. 158]. Здесь утверждается, что материя существует во времени и пространстве. А что значит существует?

### **1.3. Существование материи**

Существование чего-либо означает принятие одного из двух исходов: существует, не существует. На математическом языке – это значение бинарной функции, принимающей одно из двух взаимоисключающих указанных исходов. Человек приписывает объекту, явлению или процессу то или иное значение, руководствуясь выбранным им критерием существования.

Имеются различные критерии существования материи, и вообще, существования чего-либо. На наш взгляд, критерием существования материи, наиболее

подходящим для описания реальности, можно признать критерий действительности. Существовать в реальности – это означает способность материальных объектов:

- оказывать действие на другие материальные тела;
- изменяться под воздействием других тел.

Следовательно, материя есть все то, что может оказывать действие и меняться под воздействием других тел, явлений и процессов, в том числе и опосредованным образом. Другими словами, существование в материальном мире – это способность оказывать действие и изменяться в результате воздействия.

#### 1.4. Действие материи

Материя действует, и на нее оказывают воздействие. Если мы видим призрак в замке или НЛО в небе, то совсем необязательно, что они существуют реально, а не являются плодом нашего воображения. Если мы пройдем через призрак без ущерба для себя, не почувствуем его воздействие, то трудно убедиться, что он существует реально, независимо от нас, а не только в нашем воображении. Можно сказать, что материя – это то, что действует и то, что изменяется в результате действия. А что изменяется в результате действия и что значит изменяется?

#### 1.5. Состояние материи

Рассмотрим подробнее на двух примерах, в каком смысле материя изменяется. Пусть гончар взял пластичный, произвольной формы кусок глины, который является частью материи, он поместил глину на вращающийся гончарный круг и путем воздействия своих рук придал ей нужную форму, изготовив кувшин в соответствии с определенной целью, первоначальным замыслом. Материальный объект – кусок глины – имел сначала одну форму, а в результате действия приобрел другую – форму кувшина. Можно сказать, что количество материи не изменилось, а изменилась лишь ее форма. Приведем другой пример: сравним холодный утюг с утюгом после нагревания в результате прохождения и, соответственно, действия электрического тока. К холодному утюгу мы прикасаемся безбоязненно, а горячий утюг может обжечь. В том и другом случае количественно материя не изменилась, а изменилось то, что можно назвать ее *состоянием*, переменной стороной материи. Состояние материального объекта можно описать его формой и набором характеристик, в частности, температурой. Так у холодного и нагретого утюга температура – разная.

#### 1.6. Классическое определение материи

В известном всем определении «*Материя есть философская категория для обозначения объективной реальности, которая дана человеку в ощущениях его, которая копируется, фотографируется, отображается нашими ощущениями, существуя независимо от них*» [14, с. 113] даны два основных признака материи:

- независимость существования материи от сознания;

- действие ее на органы чувств человека и (добавим – и на приборы) и другие объекты реальной действительности.

Это определение материи требует разъяснения и уточнения в следующем: когда говорится, что реальность копируется, то это не означает, что создается новая материя со свойствами старой – это невозможно в силу выполнения физического закона сохранения массы и энергии. Копирование означает, что *состояние* одной части материального мира приводится в соответствие с *состоянием* другой ее части.

Фотографирование – это тоже отображение состояния одного материального объекта в состояние другого объекта с помощью электромагнитных волн оптического диапазона, которые также являются одним из видов материи, а именно полем.

Таким образом, именно состояние материального объекта, являясь всеобщим атрибутом и стороной материи, может копироваться, сохраняться, изменяться со временем.

Состояние можно описать пространственно-временным распределением свойств материи. На физическом уровне под свойствами понимаются инерционные, гравитационные, зарядовые, электромагнитные и другие характеристики физических объектов.

Рассмотрение состояния в качестве всеобщего атрибута материи позволяет выделить два ее свойства:

- 1) объективность состояния материи, т.е. независимость ее от сознания;
- 2) невозможность существования состояния без материи.

Первое свойство следует из определения материи как категории, отражающей существование объективной реальности; второе – из того, что состояние есть неотъемлемый атрибут материи.

#### 1.7. Объективность состояния материи

Состояние материи объективно в том смысле, что оно не зависит от того, кто ее воспринимает и воспринимает ее хоть кто-нибудь. Для разных наблюдателей состояние куска глины в виде кувшина будет восприниматься более или менее одинаково, что можно выяснить в процессе общения наблюдателей между собой, например продавца и покупателя – когда покупатель просит продавца показать ему кувшин, то продавец обычно подает ему именно эту вещь, а не глиняную кружку.

#### 1.8. Действие и состояние материи

Как уже было упомянуто выше, материя действует и оказывает воздействие, а также подвергается воздействию и поддается действию.

Что значит действует, поддается воздействию? Это означает, что состояние материи изменяется и в том случае, когда она действует, и в том случае, когда она подвергается воздействию. Эту же мысль можно выразить по-другому.

Материя действует, т.е. изменяет состояние другой части материи. Материя подвергается воздействию, т.е. изменяет свое состояние под влиянием другой части материи.

### 1.9. О связи действия и состояния материи

Действие и состояние материи связаны между собой следующим образом.

1. Действие приводит к изменению состояния, действие обуславливает состояние.

2. Действие зависит от состояния.

Связь действия  $D$  и состояния материи  $S$  можно отобразить в общем виде:

$$D \rightarrow S.$$

Если использовать дискретный подход и рассматривать изменение состояния во времени, то эту связь можно записать:

$$S_0 \rightarrow D_1 \rightarrow S_1 \rightarrow D_2 \rightarrow S_2 \rightarrow \dots \rightarrow D_n \rightarrow S_n .$$

Связь действия  $D$  и состояния материи  $S$  при неограниченном дискретном изменении времени изобразим как:

$$\dots S_0 \rightarrow D_1 \rightarrow S_1 \rightarrow D_2 \rightarrow S_2 \rightarrow \dots \rightarrow D_i \rightarrow S_i \rightarrow \dots .$$

Это можно рассматривать как причинно-следственную связь действия и состояния, обусловленную рассмотрением развития материи во времени.

### 1.10. Развитие материи как закономерная смена ее состояний

Если нам известно исходное состояние и действие, т.е. закон перехода от текущего к последующему состоянию, то мы можем определить любое текущее состояние при условии, что закон не меняется, т.е., прогнозировать будущие состояния.

Если знаем набор состояний, то можем определить, описать закон, которому подчиняется действие, приводящее к такой последовательности состояний. Например, Иоганн Кеплер, обработав материалы наблюдений за небесными телами, открыл известные законы движения планет вокруг Солнца, на основе которых Исаак Ньютон впоследствии сформулировал закон всемирного тяготения.

### 1.11. Материальный объект

Как правило, удобно рассматривать не весь реальный мир во всем его пространственно-временном многообразии, а только некоторые его части, называемые материальными объектами, которые можно определить следующим образом. Материальный объект – часть реального мира, выделенная человеком в соответствии с определенным условием, признаком или описанием и служащая предметом его рассмотрения. Обычно таким условием является ограниченность некоторой пространственной формой. Примеры: кувшин, человек, планета.

Материальные объекты обладают свойствами, в частности, физическими характеристиками (массой, зарядом и т.д.), имеют пространственную протяженность, и их состояние со временем может изменяться.

Изменение состояния объекта во времени – это его функционирование или, другими словами, развитие объекта. Последнее определяется некоторым за-

коном, который может быть локальным или глобальным, естественным или искусственным.

Объект существует в пространстве и развивается во времени. У объекта можно выделить:

- материальную составляющую;
- нематериальную составляющую, его состояние.

### 1.12. Объекты и внешняя среда

Объект как предмет исследования представляет лишь часть материи и поэтому оставшаяся ее часть также является объектом, выступающим внешней средой по отношению к первой части. В целях нашего исследования можно выделить материальный объект или ряд таких объектов и внешнюю материальную среду. Часто необходимо исследовать взаимодействие объектов как между собой, так и с внешней средой. Таким образом, введение понятий объектов и внешней среды – это членение материи на части по пространственному признаку.

Аналогично, выделение некоторого процесса или процессов из общей эволюции материального мира – это членение материи по временному признаку.

### 1.13. Неживые объекты и живые существа

Материальные объекты можно поделить на неживые и живые.

Неживой объект движется по локальному закону, определяемому физикой явления, живой организм – согласно глобальному закону, определяемому биологией развития.

Состояние неживого неуправляемого объекта (например, падающего камня) зависит только от его текущего состояния, характеризуемого вектором описывающих параметров  $S$ , и состояния внешней среды, описываемых вектором  $S_v$ . Закон изменения состояния такого объекта для модели с непрерывным изменением времени  $t$  может быть записан в форме дифференциального уравнения вида:

$$dS/dt = f(S, S_v) .$$

Живой организм движется и развивается не локально: он предчувствует, изменяет свое состояние в соответствии с некоторой целью, заложенной в нем как генетически, так и выбираемой им самостоятельно или задаваемой внешним субъектом. Если речь идет о цели, заложенной программно-генетически, то организм можно охарактеризовать не только как живой, но и инстинктивный. Если организм сам определяет цель, и она материальная, то он проявляет некоторое разумное поведение. Если организм руководствуется идеальными целями, то его поведение разумно.

### 1.14. Процессы

Процесс, развитие, функционирование – изменение состояния объекта во времени. Процессы могут быть локальными и глобальными.

В локальных процессах развитие объектов или систем определяется только их состоянием в текущий момент и локальными законами, к которым, например, можно отнести физические законы, в том числе закон всемирного тяготения, законы Ньютона.

В глобальных процессах развитие живых существ, сообществ и технических систем определяется целью, заданной инстинктом, программой, человеком или иными факторами.

## **2. МАТЕРИЯ КАК ЕДИНСТВО МАТЕРИАЛЬНОЙ СУБСТАНЦИИ И ЕЁ СОСТОЯНИЯ**

### **2.1. Два подхода к определению состояния материи**

Часто для понимания какого-либо явления удобно представить его в виде двух сущностей, не пересекающихся друг с другом по набору свойств, но в совокупности представляющих это явление как единое целое. Такой подход дает плодотворные результаты при осмыслении таких понятий, как материя/реальность, информация, сознание и подобные им нематериальные сущности.

Для определения понятия «состояние материи» возможны два подхода: 1) консервативный, 2) радикальный.

При первом состоянии материи рассматривается как некоторый всеобщий ее атрибут, существующий независимо от какого-либо наблюдателя, существа или устройства и присущий всем объектам и явлениям материального мира. Этот подход был нами рассмотрен выше.

При втором подходе кардинально меняется само представление о материи как единой нерасчлененной сущности. Здесь материя рассматривается в виде совокупности двух своих сторон: материала и его состояния. Другими словами – из общего понятия материи вычленяется понятие материала и его состояния.

### **2.2. Материя как материал и его состояние**

Для теоретического осмысления понятия материя/реальности его удобно разделить на две составляющие: 1) постоянную часть – материал реальности, который со временем не меняется и количество его сохраняется; 2) переменную часть – состояние реальности, которое со временем изменяется.

Первая составляющая – это материал, «глина», материальная субстанция – основа материи. Опытные исследования и практическая деятельность показали, что эта сторона материи существует всегда, не возникает ниоткуда и нигде не исчезает. Это выражается в законе сохранения материи.

Вторая составляющая реальности – состояние материи, состояние материала. Материал распределен в мире неравномерно в пространстве и времени, что выражается в постулате о движении материи. Другими словами, эта сторона реальности является переменной. И именно ей обусловлено все разнообразие мира: от слабого дуновения ветерка до грандиозных явлений эволюции Вселенной, от нежного прикосновения крыльев бабочки до буйного веселья бразильского карнавала.

Таким образом, материал – это то, из чего состоит реальность, а состояние – это то, как материал организован, структурирован, распределен в

пространстве и времени. Т.е. состояние материи – это пространственно-временное распределение материала, «глины», материальной субстанции.

### **2.3. Свойства материальной субстанции (материала) и ее состояния**

Из общего понятия «материя» вычленяется сущностная её сторона – материальная субстанция – материал, который обладает свойствами:

- является постоянной стороной материи;
- не может возникать и уничтожаться;
- является действующим фактором материи;
- не имеет пространственно-временной определенности;
- является носителем состояния;
- присущ всем вещам и объектам материального мира;
- существует объективно, т.е. не зависит от сознания, а также наличия наблюдателя.

Другая сторона материи – состояние ее материальной субстанции – материала, которое характеризуется следующими свойствами:

- является переменной стороной материи;
- меняется в результате взаимодействия;
- присуще всем объектам материального мира;
- материя всегда имеет определенное состояние или, другими словами, всегда находится в определенном состоянии;
- может копироваться в результате взаимодействия при определенных условиях;
- является объективным свойством материи, т.е. не зависит от сознания, наличия наблюдателя.

### **2.4. О сторонах материи (реальности)**

Материал и его состояние – это различные стороны единого понятия материи. Являясь непересекающимися сущностями, они равноправны, так как не существуют друг без друга и неотделимы друг от друга – нет материи, не имеющей состояния, и нет состояния без материального носителя, материала.

Пространство и время присущи материалу, другими словами материал размещен в пространстве и развивается во времени, т.е. характеризуется движением, изменением. Выражаясь в духе материализма, можно сказать, что материя при таком подходе представляет диалектическое единство материала и его состояния, или состояния и его носителя – материала.

Таким образом, материя может рассматриваться как совокупность двух составляющих, двух равноправных ее сторон: материала и его состояния. При этом материал – это то, из чего состоит материя, состояние – это то, как организован, структурирован материал в пространстве и времени.

С точки зрения философских категорий содержания и формы у материи есть содержание, т.е. ее материал, а также есть форма, т.е. состояние.

Необходимо подчеркнуть, что состояние материи носит нематериальный характер в прямом смысле этого слова: состояние не является материалом, а является распределением материала в пространстве и времени.

## **2.5. Состояние материи как пространственно-временное распределение материала**

Состояние материи в работе [15] определялось, как пространственно-временное распределение свойств материи. Если принять, что свойства материи зависят от расположения или движения ее элементов (электромагнитные или магнитные свойства), то можно сказать более обобщенно: состояние материи – это пространственно-временное распределение материальной субстанции – материала.

Если принять гипотезу, что свойство материи более высокого уровня организации определяется пространственно-временным распределением материала на более низком уровне, то можно дать следующее определение.

*Состояние материи* – это пространственно-временное распределение материальной субстанции. Другими словами, можно сказать, что это организация материала в пространстве и времени, т.е. структура материи, в общем случае – динамическая, т.е. меняющаяся со временем.

## **2.6. Структура строения материи**

В соответствии с физическими представлениями тела образованы веществом и состоят из молекул. Молекулы, в свою очередь, сформированы из атомов. Атомы – из нуклонов (протонов, нейтронов) и электронов. Согласно существующим в настоящее время представлениям нуклоны состоят из более мелких частиц – кварков.

В природе наблюдается иерархия уровней организации материи, на каждом из которых способ организации материи проявляется в определенных свойствах, характеристиках материальных объектов этого уровня.

Одни элементы материи отличаются от других количеством и расположением более мелких единиц материи. Например, различие между атомом гелия и атомом углерода заключается в различном числе нуклонов и электронов. При этом экземпляры нуклонов и электронов не отличаются по характеристикам друг от друга.

Экспериментально установлено, что различие пространственных конфигураций материи обуславливает различие ее свойств.

## **2.7. Статическое и динамическое состояние**

С точки зрения изменения во времени можно рассматривать статическое состояние и динамическое. Статическое состояние, или просто состояние – это состояние материального объекта в определенный момент времени. Динамическое состояние – состояние объекта, изменяющееся во времени.

## **2.8. Примеры состояний материальных объектов**

Понятие «состояние» широко используется в науке, технике, а также в самых разных областях деятельности человека. Приведем примеры: в квантовой механике – состояние электронной оболочки атома; в технике – состояние механизмов автомобиля во время

его движения; в медицине – состояние здоровья человека; в обществе – состояние общественной жизни; в политике – состояние отношений между государствами.

Рассмотрим более развернуто два примера состояния материальных объектов и их моделей, используемых в науке и технике.

### **2.8.1. Состояние материальной точки**

В физике часто используется некоторая модель тела, обладающего массой, и, возможно, зарядом, размерами которого в некоторых случаях можно пренебречь – так называемая материальная точка. Состояние материальной точки, имеющей массу  $m$  и, в общем случае, заряд  $q$ , можно описать вектором  $S$ , включающим векторы ее положения  $R$  и скорости  $V$ , т.е.  $S = (R, V)$ . Движение материальной точки, т.е. изменение ее пространственного положения и скорости, описывается зависимостью вектор-функции  $S$  от времени т.е.  $S = F(t)$ .

### **2.8.2. Динамическое состояние технического объекта**

В качестве примера динамического изменения состояния материального объекта во времени можно представить пульт управления сложным техническим объектом, таким, как электростанция, самолет или ЭВМ. Если можно было бы снабдить каждую ячейку оперативной памяти ЭВМ лампочкой, отражающей состояние этой ячейки, то при решении какой-либо сложной задачи наблюдалась бы непрерывно меняющаяся световая картина, переливающаяся всеми оттенками, можно сказать, световая симфония.

## **2.9. Иерархия состояний материи**

Существует иерархия состояний материи на различных уровнях ее организации:

- элементарные частицы,
- атомы;
- молекулы;
- клетки;
- органы;
- организмы;
- физические тела;
- космические тела;
- вселенная в целом.

## **2.10. Деструктуризация материи**

**Стадия 1.** Человек, находящийся в сознании, сам управляет своим поведением, самостоятельно ставит и стремится достигать цели, управлять своими действиями самостоятельно и осознанно. При поражении сознания происходит переход к следующей стадии.

**Стадия 2.** Живое бессознательное существо, как говорится, растение, которое ест, пьет, выделяет, управляется инстинктами.

При прекращении жизни следует переход к следующей стадии.

**Стадия 3.** Неживое тело, оболочка человека, изменяющаяся под воздействием химических процессов. В результате получается набор химических веществ, прах, из которого при известных условиях может возродиться новая жизнь.

## 2.11. Описание состояния системы

Состояние материи может быть рассмотрено с различных точек зрения и описано, отражено:

- формулами (математика, физика, химия);
- текстами (философия, литература, общественные науки);
- образами (фотография, изображение, объемная модель) и другими способами.

В ряде случаев состояние системы, допускающее количественную определенность, характеризуется набором величин, которыми это состояние можно описать. Соответственно, для описания состояния системы необходимо выбрать набор параметров и для каждого из них определить эталон, единицу измерения, точку отсчета, направление. Как говорят в математике, ввести метрику, меру.

## 3. СОСТОЯНИЕ МАТЕРИИ КАК ОСНОВА ПОНИМАНИЯ НЕМАТЕРИАЛЬНЫХ СУЩНОСТЕЙ

### 3.1. Информация как состояние материальных объектов, используемое для отображения внешнего мира

Человек в своей жизнедеятельности использует те или иные состояния материальных тел и полей для различных целей. Состояние некоторых материальных объектов он воспринимает с целью отобразить внешний мир в своем сознании. В этой ситуации используемое состояние называется информацией. Для человека она является входной или сигнальной, так как она воспринимается его органами чувств; по отношению к сознанию – входной или исходной, так как она используется сознанием для дальнейшей обработки.

Также человек изменяет состояние тел для фиксации или передачи состояния своего сознания, своих мыслей себе или другим людям, иным живым существам, устройствам. В этом случае он создает информацию, которая по отношению к сознанию называется выходной информацией.

Обмен информацией может иметь динамический характер. Информацию возможно использовать для управления другими людьми, иными живыми существами, а также устройствами.

### 3.2. О понятии «нематериальное»

В последнее время часто употребляется слово «нематериальное» применительно к таким понятиям как информация, сознание, мышление и т.д. Например, нематериальные активы [16], нематериальные формы поощрения. Что означает «нематериальное» в контексте состояния материи?

Словосочетание «нематериальное» применительно к таким понятиям является осмысленным и оправданным при радикальном подходе к определению состояния материи. При этом «нематериальное» понимается не в том смысле, что не представляет материю, а в том, что это не материал реальности, а только ее состояние, статическое или динамическое. Нематериальное в том смысле, что рассматривается именно состояние реальности на каком-то

уровне ее организации, но не непосредственно материал этой реальности.

Для отражения каких-то своих потребностей люди пытались выделить те стороны действительности, которые не связаны напрямую с вещной, материальной стороной действительности, но которые существуют и важны для людей и оказывают значительное влияние на их деятельность.

К подобным сущностям относятся такие понятия, как право, наука, искусство, религия, алгоритмы, программы, методы, технологии и многие другие. Для обозначения этих сущностей все чаще используется слово «нематериальное». Однако такой подход логически не слишком приемлем: возникает противоречие между положением, согласно которому все, что в мире существует, является материей, и признанием, что существует нечто «нематериальное». Но предложенная концепция материи как единства материала и его состояния как раз и снимает это логическое противоречие.

Нематериальной стороной материи является ее состояние и его формы: информация, сознание, язык, связь, структура и т.д. Состояние является нематериальной стороной материи как противоположность другой ее стороне – материальной субстанции (материалу).

Состояние материи, как было отмечено ранее в п. 2.4, носит нематериальный характер. В том смысле, что состояние не является материальной субстанцией, а является распределением ее в пространстве и времени.

Отметим, что в развитии человека и человечества нематериальная сторона материи будет играть все более определяющую и возрастающую роль. Общеизвестно, например, какое значительное влияние на жизнь отдельного человека и всего общества оказывает одна из форм нематериальной стороны материи – информация.

### 3.3. О существовании материальных объектов и нематериальных сущностей

Материальный объект как часть материи существует, это положение было рассмотрено в п. 1.3. Рассмотрим, например, яблоко, оно является материальным объектом. Существует ли оно? Да, яблоко существует: оно пахнет, оно вкусное, его можно съесть, оно действует на органы чувств.

Существует ли информация, в частности, научно-техническая информация? Да, существует. Она не пахнет, у нее нет вкуса. Однако ее можно воспринимать посредством чтения журнала, газеты, книги в печатной и электронной форме. Информация, являясь нематериальной сущностью, существует, так как она действует на человека. На что информация действует? На состояние внутреннего мира человека, обновляя его представление о внешнем мире, обогащая его знаниями и способствуя его жизнедеятельности.

Существует ли слово? Да существует, потому, что оно действует, причем различным образом. Недаром говорится, что

«...Словом можно убить, словом можно спасти,  
Словом можно полки за собой повести...»

(Вадим Шэфнер).

Таким образом, критерием существования нематериальных сущностей является их действие, их влияние, оказываемое на человека, их важность для человека.

### **3.4. О сохранности материального и нематериального**

Достоинство материи заключается в том, что она не уничтожается, а материальные вещи не исчезают бесследно. Например, если потерялась бутылочка от детского питания, выпавшая из кровати, то я знаю, что она где-то в комнате, не исчезла. И это обстоятельство дает мне уверенность в успешности моего поиска, и поэтому рано или поздно она находится в укромном уголке комнаты.

К сожалению, такой гарантии сохранности в случае идеальных сущностей нет. Часто бывает, что созданный файл, уничтоженный по неосмотрительности или случайно помещенный в глубоко запрятанную папку, или мысль, не зафиксированная на бумаге, часто исчезают безвозвратно.

### **3.5. Отражение**

В материализме понятие «отражение» используется для определения сознания, под которым понимается свойство высокоорганизованной материи отражать материальный мир в мозгу человека. Однако слово «отражение», понимаемое как процесс или результат действия, не дает ответа на вопрос «что это?» и не раскрывает сущность понятия «отражения». В терминах состояния можно дать следующее определение: отражение – процесс и результат изменения состояния одного материального объекта, обусловленное воздействием другого объекта.

В рамках предложенного подхода и сознание, и информация, и много другое являются нематериальными сущностями и имеют прямое отношение к состоянию материи. В частности, в работе [15] была предложена материалистическая концепция информации, основанная на понятии состояния материальной среды, и дано подробное рассмотрение этого феномена.

### **3.6. Сознание – идеальная форма состояния материи**

Сознание является идеальной формой состояния материи, а именно – состоянием мозга человека. Если сознание исчезнет, другие формы состояния материи останутся. Например, психическая, биологическая, химическая, физическая.

Приведем несколько определений понятия «сознание» в зависимости от точек зрения на этот феномен.

Сознание – способность человеческого мозга обрабатывать информацию, функционировать в соответствии с некоторой программой, воспринимая информацию из внешнего мира, органов тела и своей памяти и выдавая ее во внешний мир, управляя своими органами и сохраняя ее в своей памяти.

Сознание – свойство живого существа вести целесообразную деятельность в соответствии с поставленными им материальными и идеальными целями.

Сознание – способность мозга изменять свое состояние в соответствии с материальными потребностями и духовными устремлениями для управления процессом жизнедеятельности человека.

Сознание – функциональное состояние человеческого мозга, рассматриваемое с точки зрения выполнения им определенных функций:

- адекватная реакция на слова и действия;
- проявление активности, которая может быть расценена как осмысленная, сознательная;
- адекватное поведение.

Сознание осуществляет процесс моделирования, в частности, процесс логического вывода для эффективного управления человеком своей жизнедеятельностью.

### **3.7. Основные положения концепции материи и её состояния**

1. В мире нет ничего, кроме движущейся материи, распределенной во времени и пространстве.

2. Человек на основе введенных им понятий и представлений стремится открыть и описать общие закономерности развития окружающего его мира для использования этих понятий в своей жизнедеятельности.

3. Мир является материей, рассматриваемой человеком с точки зрения пространственно-временной определенности, т.е. это множество вещей, объектов и явлений, существующих в пространстве и во времени.

4. Для существования чего-либо необходим критерий существования, который является относительным понятием.

5. Критерий существования материи – взаимодействие ее частей, в частности, действие материальной среды на органы чувств человека и созданных им технических устройств.

6. Материя имеет постоянную сторону – материальную субстанцию (материал) и переменную сторону – ее состояние.

7. Изменение состояния материи определяет разнообразие всех объектов, процессов и явлений окружающего мира.

8. Состояние материи – нематериальная сущность, так как не является материалом.

9. Перефразируя изложенное ранее, можно сказать, что в мире нет ничего, кроме материала и его состояний.

10. Состояние материи носит объективный характер и не зависит от присутствия наблюдателя.

11. Состояние материи носит всеобщий характер, т.е. присуще всем объектам материального мира.

12. Человек может выделить иерархию состояний различных уровней общности.

13. Состояние материальной среды, используемое для отображения внешнего мира в психике животных, в сознании человека и в памяти созданных им интеллектуальных устройств, называется информацией, которая является нематериальной сущностью (см. п. 8).

14. Сознание – это идеальная форма состояния части материи, а именно человеческого мозга, позво-



ляющая человеку осуществлять высшую психическую деятельность, присущую только ему.

15. Человек является материальным объектом/ субъектом, способным на основе получаемой им информации путем обработки ее в своем сознании с использованием созданных им представлений самостоятельно вести жизнедеятельность, управляя собой и объектами внешнего мира для достижения поставленных им материальных и идеальных целей.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе был представлен авторский взгляд и дано описание устройства мира в целом, а также рассмотрены такие понятия как материя, информация, сознание, которые играют важную роль в теоретическом осмыслении действительности и в практической деятельности людей.

На основе минимального числа исходных предположений, основанных на представлении реальной действительности как материи и её состояния, дано описание основы концепции естественнонаучной и философской картины мира, определены такие ее понятия, как информация и сознание.

Кратко, почти конспективно, представлены наиболее существенные моменты предлагаемого подхода к описанию реального мира. В частности, дано определение его основных понятий в виде ответов на вопрос «что это?», которых так не хватает в специализированных публикациях по информации, сознанию и другим нематериальным аспектам действительности. При этом не ставились вопросы «как?», «почему?» и, соответственно, не давались на них ответы. По нашему мнению – это задача специалистов в предметных областях, таких, как науки об информации, особенностях функционирования человеческого мозга, об управлении кибернетическими системами и о создании систем искусственного интеллекта.

Нам кажется, что, получив общий и единообразный взгляд на основные понятия, описывающие действительность, исследователи, инженеры, информационные работники и все интересующиеся этой темой читатели смогут использовать его в своей научно-исследовательской и практической деятельности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Информатика как наука об информации / под ред. Р. С. Гиляревского. – М.: ФАИР-ПРЕСС, 2006.
2. Урсул А.Д. Информация. – М.: Наука, 1971. – 296 с.
3. Симонович С.В. Общая информатика. – СПб: Питер, 2009. – 428 с.
4. Винер Н. Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине. – 2-е изд. – М.: Советское радио, 1968. – 326 с.
5. Хасхачих Ф.И. Материя и сознание. – М.: Госполитиздат, 1951. – 208 с.
6. Соколов А.В. Философия информатики: учеб. пособие для бакалавриата и магистратуры. – 3-е изд. – М.: Изд. Юрайт, 2019 – 340 с.
7. Шумилов В.Н. Принципы функционирования мозга. – 2-е изд., перераб. и доп. / отв. ред. В.И. Соломонов. – Томск: Изд-во. Том. ун-та, 2015. – 188 с.
8. Лидовский В.В. Теория информации: учеб. пособие. – М.: Компания Спутник+, 2004. – 111 с.
9. Фридланд А.Я. О сущности информации: два подхода // Информационные технологии. – 2008. – № 5. – С. 75-85.
10. Ханжин А.Г., Кожокару А.А. Ревизия понятия информации // Научно-техническая информация. Сер. 2. – 2008. – № 6. – С. 1-9; Khanzhin A.G., Kozhokaru A.A. Revision of the information concept // Automatic Documentation and Mathematical Linguistics. – 2008. – Vol. 42, № 3. – P. 167-176.
11. Белоногов Г.Г., Гиляревский Р.С., Хорошилов А.А. О природе информации // Научно-техническая информация. Сер. 2. – 2009. – № 1. – С. 1-8; Belonogov G.G., Gilyarevskii R.S., Khoroshilov A.A. On the nature of information // Automatic Documentation and Mathematical Linguistics. – 2009. – Vol. 43, No. 1. – P. 1-8.
12. Партыко З.В. Современная парадигма науки об информации – информологии // Научно-техническая информация. Сер. 2. – 2009. – № 11. – С. 1-9; Partyko Z.V. The Modern paradigm of information science: informology // Automatic Documentation and Mathematical Linguistics. – 2009. – Vol. 43, № 6. – P. 311-320.
13. Савельев А.В. Трудной проблемы сознания не существует! // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2018. – № 12. – С. 66-67
14. Ленин В.И. Материализм и эмпириокритицизм. – М.: Госполитиздат, 1951. – 352 с.
15. Шустов В.В. О материалистической концепции информации // Научно-техническая информация. Сер. 2. – 2010. – № 8. – С. 13-18; Shustov V.V. On the materialistic concept of information // Automatic Documentation and Mathematical Linguistics. – 2010. – Vol. 44, № 4. – P. 218-223.
16. Гунина Е.Н., Казаков А.А. Роль нематериальных активов в стоимости предприятия // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – № 9. – С. 32-33.

*Материал поступил в редакцию 05.02.20.*

### Сведения об авторе

**ШУСТОВ Виктор Владимирович** – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник ФГУП ГосНИИ авиационных систем, Москва  
e-mail: vshustov@gosniias.ru

## Анализ роли и структуры информационных (концептуальных) систем\*

*Исследуется природа информационных (концептуальных) систем средствами системно-объектного подхода. Делается вывод: иерархии концептуальных и материальных систем являются объектно-ориентированной системой, концептуальные системы которой представляют внешние системы (системы-классы), определяющие свойства конкретных объектов, а объекты – материальные или внутренние системы (системы-явления), осуществляющие реальные взаимодействия. Рассмотрены результаты формального описания иерархии концептуальных систем с учетом их взаимосвязи путем формализации средствами дескрипционной логики некоторых положений системно-объектного подхода. Описан синтаксис и семантика дескрипционной логики ALCOIQ и ее расширения до логики SHOIQ. В логику SHOIQ введены и формально описаны понятия объема и содержания концептуальной системы, которые расширяют системную теорию, основанную на системно-объектном подходе.*

**Ключевые слова:** информационные системы, системно-объектный подход, концептуальные системы, системы-классы, материальные системы, системы-явления, функциональный запрос, внешняя детерминанта, дескрипционная логика

**DOI:** 10.36535/0548-0027-2020-04-2

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в различных сферах человеческой деятельности широко используется понятие «*информационные системы*». Такие системы предназначены для хранения, поиска и обработки информации. Они включают соответствующие организационные ресурсы (человеческие, технические, финансовые и т. д.) и обеспечивают распространение информации (ISO/IEC 2382:2015 – «Information technologies. Vocabulary»). Названные информационные системы понимаются как материальные системы (т.е. реально, объективно существующие), организующие, хранящие и преобразующие информацию, основным предметом и продуктом труда в которых является информация. Таким образом, информация представляет собой ресурс, с которым работает информационная система.

Для понятия «*информация*» существует множество определений. Начиная от определения Н. Винера: «Информация — это не материя и не энергия, информация — это информация». И заканчивая определениями в международных и российских стандартах:

знания о предметах, фактах, идеях и т.д., которыми могут обмениваться люди в рамках конкретного контекста (ISO/IEC 10746-2:2009 – «Information technology. Open distributed processing. Reference model: Foundations. Part 2»); знания относительно фактов, событий, вещей, идей и понятий, которые в определенном контексте имеют конкретный смысл («Information technologies. Vocabulary»); сведения, воспринимаемые человеком и (или) специальными устройствами как отражение фактов материального или духовного мира в процессе коммуникации (ГОСТ 7.0-99 2000 – «Информационно-библиотечная деятельность, библиография. Термины и определения»).

При этом сама информация также может представлять систему (естественно информационную, не материальную), например, совокупность данных при определенных условиях, классификация, модель знаний, в том числе онтология. Важным примером для нашего исследования таких информационных систем являются *концептуальные схемы* как семантические сети из взаимосвязанных по определенным правилам понятий и концепций, или *концептуальные системы*, которые состоят из нефизических объектов, т. е. идей или концепций [1].

Важность изучения таких систем и разработки принципов, применимых и к материальным, и к кон-

\* Исследования поддержаны грантами РФФИ: №18-07-00355а, №19-07-00290а, № 19-07-00111а, 19-29-01047мк.

цептуальным системам, для построения общей теории систем, а также для преодоления пропасти, разделяющей естественные и гуманитарные науки, обоснована в работах [2, 3]. Кроме того, исследователями информационные (т.е. концептуальные) системы отождествляются с теоретическими объектами, вводимыми научными теориями, а также с ментальными сущностями или идеальными конструктами. В работе [4] отмечается, что ментальные сущности (идеальные конструкты) имеют референты в мире и эти референты являются принципиальные ненаблюдаемые свойства объектов реального мира. При этом в работе [5] утверждается, что принципиально не наблюдаемые референты – не просто конструкции нашего сознания, а объективно существующие свойства материальных объектов Мира; более того, они как бы составляют его становой хребет и «легче сдвинуть гору, чем один из них».

Однако в [4] подчеркивается, что современной наукой ещё не решены вопросы: Какова природа референта идеального конструкта (т.е. концептуальной системы)? и Что, собственно, он собой представляет? В настоящей работе предлагается вариант ответов на эти вопросы, полученный с применением информационного и системно-объектного подходов.

## ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМО-ОБЪЕКТНОГО ПОДХОДА

Наиболее существенной особенностью системно-объектного подхода является учет двух принципиально различных видов систем: *внутренних систем* (материальных систем по Акоффу) и внешних систем (концептуальных систем по Акоффу) [6]. Нами приняты термины «системы-явления» и «системы-классы» в соответствии с работой [7]. Средствами системно-объектного подхода показано (например, в работах [8, 9]), что оба пути образования систем (и внутренний, и внешний) соответствуют основным диалектическим принципам системного подхода: *целостности, системности, иерархичности и развития*, представленным в работе [10]. Кроме того, в [11] продемонстрировано, что основные известные общесистемные закономерности выполняются как для систем-явлений, так и для систем-классов. Таким образом, системно-объектный подход учитывает представления основоположников системных исследований о том, что «... роль общей теории систем в современной науке в значительной мере состоит в расширении необходимых онтологических представлений, что позволяет преодолеть онтологический предрассудок онтологической примитивности мира ...» [12, с. 184].

В связи с названной особенностью в рамках данного подхода система рассматривается как *функциональный объект или класс, функция или роль которого обусловлена функцией или ролью объекта или класса более высокого яруса* (т. е. надсистемы), что уточняет определение системы в работе [13].

Упомянутое в этом определении обусловливание функции системы функцией надсистемы рассматривается как функциональный запрос надсистемы на систему с определенной функцией, который представляет собой *внешнюю детерминанту* системы. Это есть причина возникновения системы, цель ее суще-

ствования и главный определитель ее структурных, функциональных и субстанциальных свойств. Таким образом, внешняя детерминанта системы рассматривается в качестве *универсального системообразующего фактора*.

Функционирование системы является ее *внутренней детерминантой*, так как непосредственно определяет внутреннее свойство этой системы (свойство подсистем). Соответствие внутренней детерминанты системы ее внешней детерминанте устанавливает между системой и надсистемой *отношение поддержки функциональной способности целого* [13].

## ТЕНДЕНЦИИ В ТРАКТОВКЕ СТАТУСА ИНФОРМАЦИОННЫХ (КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ) СИСТЕМ

Вопрос о роли и статусе информационных (концептуальных, не материальных) систем в реальной действительности – это и есть упомянутый выше вопрос о том, какова природа референта идеального конструкта, т.е. концептуальной системы, и что он из себя представляет. Этот вопрос ставится и обсуждается достаточно давно, и одна из его форм – это вопрос о статусе сознания, по сути дела представляющего собой сложную концептуальную систему.

Этим вопросом занимались, начиная еще с древней истории, представители различных течений философии, таких как метафизика, исследующая первоначальную природу реальности; телеология, объясняющая развитие мира с помощью конечных, целевых причин; онтология, изучающая наиболее общие категории и закономерности бытия.

В новейшей истории философия приходит к заключению, что сознание связано с видами реальности, не менее фундаментальными, чем физические поля. Например, в работе [14] утверждается, что редукция волнового пакета требует обращения к новой, несводимой к частицам и полям реальности, каким-то образом связанной с сознанием. В работах [15, 16] сознание рассматривается не как производное биологической материи, а в качестве полноправного структурного элемента физической реальности. Таким образом, философия, по сути дела, приходит к выводу, что концептуальные системы существуют также объективно, как и материальные.

Кроме того, аналогичные идеи высказывают и физики, например, в виде сильного антропного принципа, особенно в формулировке Дж. Уилера: «Наблюдатели необходимы для обретения Вселенной бытия». Очевидно, что имеется в виду сознательные наблюдатели, т.е. опять сознание, концептуальная система, которая должна объективно существовать. И хотя антропный принцип сам по себе многими учеными критикуется и соотносится не столько с физикой, сколько с метафизикой, его идея по своей сути тесно перекликается с упомянутой выше идеей философов об объективности концептуальных систем.

В системных исследованиях в соответствии с информационным подходом А.А. Денисова понятие «информация» рассматривается как парная категория по отношению к материи, как структура материи, не зависящая от ее специфических свойств, что также коррелирует с идеей объективности существования информации, т.е. концептуальных систем.

Эта идея хорошо согласуется также с утверждением В.И. Вернадского о том, что на планетарном уровне в настоящее время происходит процесс становления и развития ноосферы нашей планеты в результате закономерной «переработки» ее биосферы научной мыслью, рассматривающейся в качестве нового геологического фактора, небывалого еще в ней по мощности и по общности.

Наконец религиозные источники, со свойственной им категоричностью, утверждают, что «в начале было Слово» (в оригинале «Логос») [из Евангелие от Иоанна]. При этом под Логосом понимается и высшая сила, управляющая миром, и закон всемирного развития, а также наиболее глубинная, устойчивая и существенная структура бытия, наиболее существенные закономерности мира. В китайской философии вместо понятия «Логос» используется понятие «Дао», которое обозначает происхождение единственности и двойственности и, вместе с тем, начало мира и творение. Анализ этих понятий позволяет утверждать, что упомянутые источники предполагают их соответствие некоторым объективно существующим концептуальным системам.

Таким образом, существует явно выраженная тенденция рассматривать концептуальные системы объективно существующими в реальности наравне с материальными системами. В основном, правда, речь идет о концептуальных системах в форме общего или индивидуального сознания. Это, собственно, и вызывает множество сомнений и возражений в отношении объективности концептуальных систем в виде некоторого сознания. Однако, с точки зрения, системно-объектного подхода существует возможность рассматривать объективно существующие концептуальные системы сами по себе без привлечения термина «сознание».

## ОСОБЕННОСТИ КОНЦЕПТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Кроме упомянутого выше соответствия концептуальных систем, представляющих системы-классы, системам-явлениям с точки зрения системного подхода, а также обоснования, например, в работах [8, 9, 11] возможности применения и к тем, и к другим всех положений системно-объектного подхода, необходимо все-таки рассмотреть некоторые особенности концептуальных систем как классов, являющихся системами (т.е. систем-классов).

Системность таких систем-классов обусловлена, в частности, тем, что каждый класс поддерживает функциональную способность класса более высокого яруса. Для наглядности приведем пример: классы «легковой автомобиль» и «грузовой автомобиль» функционально поддерживают класс «автомобильный транспорт» как виды автомобильного транспорта, т.е. являются системами (подсистемами системы «автомобильный транспорт»). Классы же, например, «зеленый автомобиль» и «синий автомобиль» формально также являются видами того же класса, но функционально автомобильный транспорт не поддерживают и, следовательно, системами (подсистемами) не являются. Аналогично для систем-явлений: двигатель как часть автомобиля функционально поддерживает автомобиль и является его

подсистемой. В то же самое время вырезанный из автомобиля кусок – тоже часть автомобиля, но функционально его не поддерживает и, следовательно, его подсистемой не является.

С точки зрения данного исследования важно подчеркнуть, что системы-классы образуют иерархическую структуру, обладающую некоторой особенностью, отличающей ее от иерархии систем-явлений. Эта особенность состоит в том, что иерархия систем-явлений, формируемая отношением часть-целое, не имеет верхней границы в соответствии с известным принципом бесконечности, а иерархия систем-классов, формируемая отношением род-вид, имеет верхнюю границу в соответствии с известным логическим законом обратного отношения объема и содержания понятий (классов) [7, 17]. Дело в том, что упомянутый закон требует уменьшения содержания, т.е. уменьшения количества информации, которое соответствует числу признаков, описывающих содержание класса, при увеличении объема класса, т.е. числа подклассов, входящих в класс. При этом содержание, естественно, может уменьшиться только до нуля. Это и обуславливает верхнюю границу иерархии систем-классов (концептуальных систем).

Названные особенности существенны для нашего исследования по той причине, что основные свойства любой системы (в том числе и системы-класса) определяются надсистемой (в данном случае надсистемой-классом), так как причиной существования системы в соответствии с системно-объектным подходом является функциональный запрос надсистемы. Т.е. причина наличия тех или иных свойств у системы определяется иерархией. При этом анализ иерархии систем-явлений в силу ее бесконечности не позволяет определить конечную причину наличия свойств системы, что противоречит принципу детерминизма. Анализ же иерархии систем-классов позволяет определить конечную причину наличия свойств системы в силу конечности этой иерархии. Таким образом, иерархия систем-классов, не противоречащая положению о бесконечности мира (по объему классов), не противоречит, при этом, принципу детерминизма, так как однозначно указывает на исходную причину существования конкретной системы [7, 9].

Эти обстоятельства являются дополнительным аргументом в пользу упомянутых выше идей об объективном существовании концептуальных систем. Однако с точки зрения системно-объектного подхода эти системы существуют не в виде какого-либо сознания, а в виде иерархии систем-классов (классов, являющихся системами) с одной вершиной.

Кроме того, вхождение всего существующего в одну Надсистему обнаруживается в результате сопоставления некоторых известных общесистемных закономерностей, исследованных еще А.А. Богдановым [18]. Например, *принципа организационной непрерывности*, констатирующего факт наличия между всякими двумя системами звеньев, вводящих их в одну «цепь ингрессии», и *принципа моноцентризма*. Нами в работе [19] доказано, что первый из названных принципов справедлив только при выполнении второго на глобальном уровне.

Следовательно, реальная действительность является объектно-ориентированной системой, классы которой представляют внешние (по Шрейдеру) или концептуальные (по Аофффу) системы (т.е. системы-классы), определяющие свойства объектов, а объекты – внутренние (по Шрейдеру) или материальные (по Аофффу) системы (т.е. системы-явления), осуществляющие реальные взаимодействия.

Учет особенностей иерархии систем-классов (концептуальных систем) необходим, например, при моделировании понятийных знаний для обеспечения адекватности концептуальных моделей этих знаний реальной действительности. Только в случае такого учета модели понятийных знаний становятся моделями, отражающими системность реальной действительности, что существенно при решении задач классифицирования и создании классификаторов.

Содержательно эти особенности исследовались в [20, 21], из которых следует, что на самом верхнем уровне иерархии концептуальных систем находятся системы-классы двух видов: классы (системы-классы) системных компонент или *объекты-классы* и классы (системы-классы) свойств, т.е. *свойства-классы*. При этом последние также существуют в двух видах: свойства-классы объектов (*свойства объектов*) и свойства-классы свойств (*свойства свойств*). В работе [22] такая иерархия описана средствами математического аппарата теории категорий. Однако данное описание никак не обосновывает ее свойств и не учитывает содержательных особенностей.

Для дальнейшего изучения свойств иерархии систем-классов с целью совершенствования существующих и создания новых классификаторов (классификационных систем), представляющих важный вид концептуальных моделей понятийных знаний, необходимо обосновать свойства этой иерархии систем-классов формальными средствами с учетом ее содержательных особенностей. Для решения такой задачи в нашем исследовании используются средства дескрипционной логики.

## ОСОБЕННОСТИ ДЕСКРИПЦИОННОЙ ЛОГИКИ

Дескрипционная логика (ДЛ) – это язык представления знаний для описания понятий предметной области в недвусмысленном, формализованном виде. Любая дескрипционная логика имеет синтаксис и семантику. Базовыми синтаксическими элементами языка дескрипционной логики являются атомарные концепт и роль, соответствующие одноместному и двуместному предикатам языка математической логики. Концепты применяются для описания классов, роли – для описания отношений между концептами. Концепты и роли позволяют описывать понятия и их свойства [23]. Одной из базовых дескрипционных логик является ДЛ ALC [23, 24] Синтаксис логики ALC представлен ниже в краткой форме.

$$\{ \top; \perp; A; A \sqsubseteq C; \neg C; C \sqcap D; C \sqcup D; \exists R.C; \forall R.C \}$$

Символы  $\top$  и  $\perp$  – концепты (называются истина и ложь).  $A$  – атомарный концепт,  $C, D$  – произвольные концепты.  $R$  – атомарная роль.

Семантика ДЛ описывается с помощью понятия «интерпретация», которая представляет пару  $I = (\Delta, I)$ , состоящую из непустого множества  $\Delta$ , называемого областью этой интерпретации, и интерпретирующей функции  $I$ , которая сопоставляет:

1) Каждому атомарному концепту  $A \in CN$  – произвольное подмножество  $A^I \subseteq \Delta, CN$  – множество всех концептов;

2) Каждой атомарной роли  $R \in RN$  – произвольное подмножество  $R^I \subseteq \Delta \times \Delta, RN$  – множество всех ролей.

В теориях, описывающих базы знаний, различаются общие знания о понятиях и их взаимосвязях, которые выражаются с помощью утверждений общего вида – терминологий, или аксиом, а также знания об индивидуальных объектах, их свойствах и связях с другими объектами – утверждения об индивидах. В ДЛ выделяют набор терминологических аксиом, называемый  $TBox$ , и набор утверждений об отношениях и свойствах индивидов –  $ABox$ . Вместе они образуют базу знаний, или онтологию  $K = TBox \cup ABox$ .

Приведем пример предметной области, описываемой  $ABox$  и  $TBox$ :

$$ABox = \left\{ \begin{array}{l} \text{Мужчина(Джон);} \\ \text{Женщина(Мария);} \\ \text{Любит(Джон, Мария);} \\ \text{Женатый(Джон, Мария);} \end{array} \right\}$$

$$TBox = \left\{ \begin{array}{l} \text{Бакалавр} = \neg \exists \text{Женатый} \sqcap \text{Человек;} \\ \exists \text{Женатый} \sqsubseteq \text{Счастлив;} \\ \exists \text{Женатый.Женщина} \sqsubseteq \exists \text{Любит.Женщина;} \\ \text{Человек} = \text{Мужчина} \sqcup \text{Женщина;} \end{array} \right\}$$

Далее  $TBox$ , для наглядности, на естественном русском языке:

$$TBox = \left\{ \begin{array}{l} \text{Бакалавр - это неженатый человек;} \\ \text{Все женатые люди - счастливы;} \\ \text{Женатый на женщине также любит её;} \\ \text{Мужчина или женщина это человек;} \end{array} \right\}$$

Расширение логики ALC до ALCOIQ представлено в [25]. Здесь вводятся следующие расширения:

- номиналы ( $O$ ) – представление индивида в виде концепта. Если  $a$  – индивид, то  $\{a\}$  – концепт. Тем самым индивидуальные имена, заключенные в фигурные скобки, становятся полноправными концептами;
- обратные роли ( $I$ ). Если  $R$  – атомарная роль, то  $R^-$  является обратной ролью;
- численные ограничения ( $Q$ ).

Каждый новый символ обозначения логики означает некоторое её расширение. Когда эти расширения используются по отдельности, говорят, что

получается семейство логик  $ALC \subseteq L \subseteq ALCOIQ$ .  $L$  – Логика, лежащая в интервале, принадлежащая данному семейству.

## ФОРМАЛИЗАЦИЯ ИЕРАРХИИ СИСТЕМ-КЛАССОВ С ПОМОЩЬЮ ДЕСКРИПЦИОННОЙ ЛОГИКИ

С помощью дескрипционной логики (ДЛ) можно определить концепты для объектов-классов, при этом роли в ДЛ будут соответствовать свойствам-классам. Однако для описания иерархии ролей выразительности логики  $ALCOIQ$  недостаточно. Для решения задачи построения иерархии концептуальных систем воспользуемся ДЛ  $SHOIQ$  [23]. Она расширяет  $ALCOIQ$  и имеет аксиомы для ролей  $RBox$  (по аналогии с  $TBox$  и  $ABox$ ), что позволяет описывать иерархию ролей как систем-классов. Логика  $ALCOIQ$  расширяется следующими пунктами:

1. Иерархия ролей ( $H$ ): допускаются аксиомы вида  $R \sqsubseteq S$ , где  $R, S$  – произвольные роли. При этом говорят, что  $R$  является подролью  $S$ , а  $S$  – надролью  $R$ .

2. Транзитивные роли ( $S$ ): допускаются аксиомы вида  $Tr(R)$  или  $R^*$ , где  $R$  – произвольная роль,  $R^*$  – транзитивная роль.

В дескрипционной логике  $SHOIQ$  к  $TBox$  и  $ABox$  добавляются аксиомы для ролей  $RBox$   $R$ , т.е. база знаний  $K = TBox \cup ABox \cup RBox$ .

Однако для обоснования структуры иерархии концептуальных систем необходимо расширить логику  $SHOIQ$  путем формального введения в нее понятий «объем» и «содержание» системы-класса.

**Объем системы-класса** ( $Vol$ ) составляет совокупность видовых систем-классов, входящих в систему-класс, являющуюся для них родовой.

**Содержание системы-класса** ( $Cont$ ) включает надсистему-класс (родовой класс), а также совокупность отличительных признаков (ролей в надсистеме) этой системы-класса.

Опишем данные понятия средствами ДЛ. Содержание системы-класса выражается через роль, поддерживающую функциональную способность надсистемы-класса, а также через саму надсистему-класс:

$$Cont(S_{ij}^l) = S_{i-1,l}^n \sqcap \exists RS_{i+1,p_j}^l,$$

где  $i = \overline{0, N}$ ,  $i$  – номер яруса иерархии;

$l, j, l_j, p_j$  – номера внутри одного яруса иерархии.

Роли также являются системами-классами. Следовательно, тоже обладают содержанием (свойства/свойств):

$$Cont(RS_{ij}^l) = RS_{i-1,l}^n \sqcap \exists RS_{i+1,p_j}^{k_j},$$

где  $i = \overline{0, N}$ ,  $i$  – номер яруса иерархии;

$l, j, k_j, p_j$  – номера внутри одного яруса иерархии.

Понятие объема системы-класса можно описать с помощью операции объединения концептов:

$$Vol(S_{ij}^l) = S_{i+1,1}^j \sqcup S_{i+1,2}^j \sqcup \dots \sqcup S_{i+1,\bar{N}_i}^j,$$

причем,  $S_{i+1,p}^j \sqsubseteq S_{ij}^l, p = \overline{1, \bar{N}_i}$ .  $\bar{N}_i$  – количество узлов  $i$ -уровня иерархии.

Рассмотрим возможность создания формальной модели иерархии систем-классов (концептуальных систем) средствами дескрипционной логики, описывающей системные взаимоотношения между классами. В соответствии с системным (системно-объектным) подходом система рассматривается и как явление (материальный объект), и как класс (концептуальная система), функция или роль которого обусловлена функцией явления или ролью класса более высокого яруса (т.е. надсистемой-явлением или надсистемой-классом). Формализованное описание такого понимания системы с использованием обозначений, принятых в дескрипционной логике, выглядит следующим образом:

$$S_i = [S_{i-1}; RS_i \sqsubseteq RS_{i-1}] \quad (1)$$

В выражении (1) представлено формальное описание системы в соответствии с правилами исчисления объектов Абади-Кардели, где  $\forall S_i \exists RS_i$  и  $S_{i-1}$  – система-класс для указания на систему-класс (узел) более высокого яруса иерархии  $S_i$ ;  $RS_i \sqsubseteq RS_{i-1}$  – метод, соответствующий роли (функции) системы  $S_i$  в надсистеме  $S_{i-1}$ .  $RS_i$  – это функциональная роль (свойство-класс), поддерживающая функциональную способность надсистемы-класса (концепта).

Принцип моноцентризма, исследованный А.А. Богдановым, утверждает: устойчивая система «будет характеризоваться единым центром, а если она представляет из себя сложную, цепную, то она имеет один высший, общий центр» [18]. Этот принцип является следствием иерархической упорядоченности систем, в нашем случае – иерархической структуры родовидовых отношений между системами-классами (концептуальными системами).

Далее предлагаются утверждения, обосновывающие этот принцип, и, в целом, структуру взаимоотношений концептуальных систем.

**Утверждение 1.** Если система-класс является видом системы-класса более высокого яруса и свойства (свойства-классы) системы-класса также являются видом свойств (свойств-классов) системы класса более высокого яруса, то данная иерархия имеет один корень.

Пусть существуют системы-классы  $S_{ij}^l$  и  $RS_{ij}^l$ , где  $i$  – номер яруса иерархии,  $j$  – порядковый номер узла в ярусе,  $l$  – порядковый номер надсистемы в ярусе. В терминах дескрипционной логики  $SHOIQ$ , расширенной понятиями «объем» ( $Vol$ ) и «содержание» ( $Cont$ ) системы-класса:  $S_{ij}^l$  – концепт,  $RS_{ij}^l$  – роль (функциональная роль). Допустим, что существуют

системы-классы (потомки)  $S_{i+1,p}^j$ , входящие в  $S_{ij}^l$ , т.е.  $\exists S_{i+1,p}^j \subset S_{ij}^l : p = \overline{1, N}$ . Пусть существуют системы-классы (свойства-классы)  $RS_{i+1,p}^j$ , входящие в  $RS_{ij}^l$ ,  $\exists RS_{i+1,p}^j \subset RS_{ij}^l : p = \overline{1, N}$ . Опишем фрагменты  $TBox$  и  $RBox$  в виде выражения:

$$TBox = \left\{ \begin{array}{c} \dots \\ S_{i+1,1}^j \subset S_{ij}^l \\ \dots \\ S_{i+1,N}^j \subset S_{ij}^l \\ \dots \end{array} \right\}; \quad RBox = \left\{ \begin{array}{c} \dots \\ RS_{i+1,1}^j \subset RS_{ij}^l \\ \dots \\ RS_{i+1,N}^j \subset RS_{ij}^l \\ \dots \end{array} \right\} \quad (2)$$

Это выражение в графическом виде представлено на рис. 1.

Из (1) известно, что свойства-классы (функциональные роли) поддерживают функциональную способность надсистемы  $S_{ij}^l$ . Следовательно, каждая система-класс должна иметь поддерживающие, функциональные роли, определяющие ее назначение. В свою очередь  $RS_{i+1,p}^j$  также является системой-классом и видом  $RS_{ij}^l$ .  $RS_{ij}^l$  – надсистема-класс, т.е. она должна обладать поддерживающими признаками (свойства-свойств). Опишем систему-класс  $S_{i,j}^l$  в терминах логики *SHOIQ*. Получим составной концепт, который можно описать с помощью операции пересечения:

$$S_{i,j}^l \subset S_{i-1,l}^n \sqcap \exists RS_{i+1,p_j}^j,$$

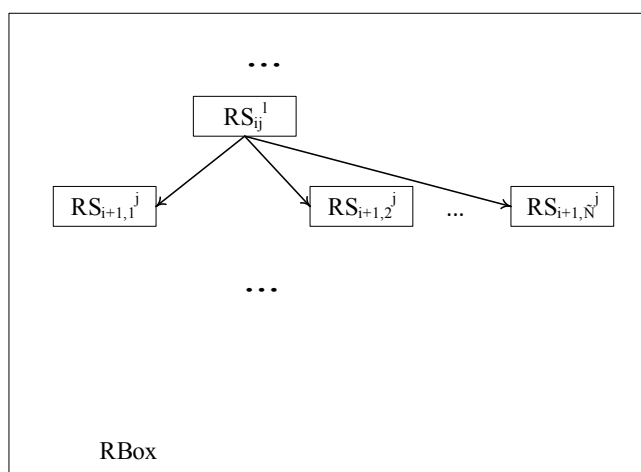
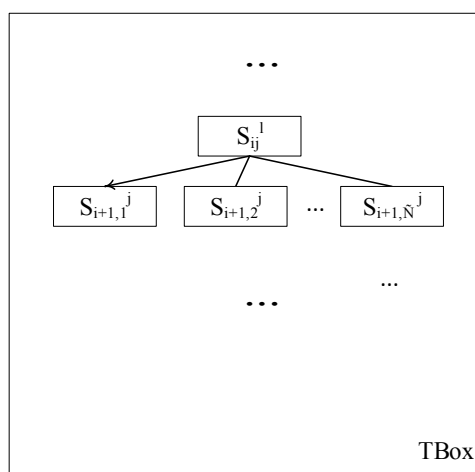


Рис. 1. Иерархическая структура  $TBox$  и  $RBox$

где  $l_j$  – порядковый номер надсистемы-класса (свойства-класса), по отношению к  $S_{i,j}^l$ ;

$p_j$  – порядковый номер системы-класса в ярусе, по отношению к  $S_{i,j}^l$ .

Уточним приведенное ранее выражение в соответствии с определением системы (1). В результате получим выражение:

$$TBox = \left\{ \begin{array}{c} \dots \\ S_{i,1}^l \subset S_{i-1,l}^n \sqcap \exists RS_{i+1,p_1}^l \\ S_{i,2}^l \subset S_{i-1,l}^n \sqcap \exists RS_{i+1,p_2}^l \\ \dots \\ S_{i,N}^l \subset S_{i-1,l}^n \sqcap \exists RS_{i+1,p_N}^l \\ \dots \end{array} \right\};$$

$$RBox = \left\{ \begin{array}{c} \dots \\ RS_{i,1}^l \subset RS_{i-1,l}^n \sqcap \exists RS_{i+1,p_1}^{k_1} \\ RS_{i,2}^l \subset RS_{i-1,l}^n \sqcap \exists RS_{i+1,p_2}^{k_2} \\ \dots \\ RS_{i,N}^l \subset RS_{i-1,l}^n \sqcap \exists RS_{i+1,p_N}^{k_N} \\ \dots \end{array} \right\}$$

На рис. 2. это выражение представлено в графическом виде.

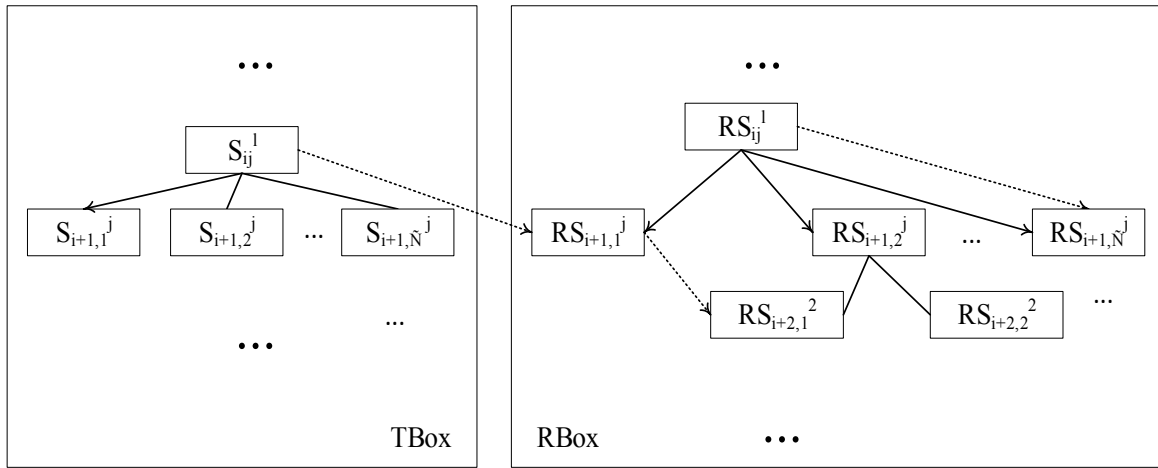


Рис. 2. Иерархическая структура систем-классов, где  $RS_{ij}^1$  – роль  $S_{ij}^1$

Как отмечалось ранее, системы-классы должны иметь видовые признаки (свойства-классы), отличные от родовых, что необходимо для построения последующих ярусов иерархии и соотносится с логическим законом обратного отношения объема и содержания [22] в соответствии которым система-класс, наследуемая от текущей системы-класса, должна обладать большим количеством видовых признаков, т.е. большим содержанием  $Cont(S_{ij}^l) \sqsubset Cont(S_{i+1,p}^l)$ , но меньшим объемом  $Vol(S_{ij}^l) \supset Vol(S_{i+1,p}^l)$ . При применении закона целиком, ко всей иерархии систем, должны выполняться следующие соотношения:

$$Vol(S_{0,p_0}) \supset \dots \supset Vol(S_{i-1,p_k}^{P_{k-1}}) \supset Vol(S_{i,p_{k+1}}^{P_k}) \supset Vol(S_{i+1,p_{k+2}}^{P_{k+1}}) \supset \dots \quad (3)$$

$$Cont(S_{0,p_0}) \sqsubset \dots \sqsubset Cont(S_{i-1,p_k}^{P_{k-1}}) \sqsubset Cont(S_{i,p_{k+1}}^{P_k}) \sqsubset Cont(S_{i+1,p_{k+2}}^{P_{k+1}}) \sqsubset \dots \quad (4)$$

Из (3) следует, что если двигаться по ярусам, то каждая родительская система-класс должна иметь меньшее количество признаков, чем текущая, следовательно, иметь больший объем, а из (4) следует, что уменьшается количество признаков до предельного состояния, при котором содержание является наиболее полным и  $k=0$ ,  $p_0=0$ . При этом мы можем говорить о корневой системе-классе  $S_0$ , что подтверждает единство вершины классификационной схемы и Утверждение 1 (рис. 3).

**Утверждение 2.** Корень иерархии систем классов делится на системы-классы, представляющие объекты-классы и свойства-классы.

Пусть существует корневая система-класс  $S_0$ , которая не имеет родителей. Допустим, что она имеет двух потомков (системы-классы)  $S_{11}^0$  и  $RS_{11}^0$ .

$$S_{11}^0 \sqsubset S_0; RS_{11}^0 \sqsubset S_0.$$

$$\text{Объем } Vol(S_0) = S_{11}^0 \sqcup RS_{11}^0.$$

Содержание  $Cont(S_0) = RS_{11}^0$ , где  $RS_{11}^0$  – система-класс, включающая все поддерживающие признаки предметной области, т.е. являющаяся функциональной ролью. В работе [21]  $RS_{11}^0$  – предельно широкая роль, соответствующая классу «свойство». Кроме того, это соотносится с работой Мельникова [13], где описывается разделение свойств на граничные и качественные, что можно соотнести с нашими рассуждениями. Справедливо заметить, что в этом случае также будут выполняться соотношения (3) и (4). Это подтверждает структуру иерархии концептуальных систем и Утверждение 2.

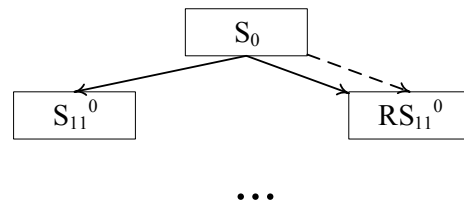


Рис. 3. Корень иерархии систем классов

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исходная причина существования систем и наличия у них определенных свойств обусловлена иерархией концептуальных или внешних систем (систем-классов). Таким образом, реальная действительность является объектно-ориентированной системой, классы которой представляют концептуальные (внешние) системы-классы, определяющие свойства объектов, а объекты – материальные (внутренние) системы-явления, осуществляющие реальные взаимодействия.

Понятия системно-объектного подхода «система-класс» и «свойство-класс» однозначно сопоставляются с понятиями дескрипционной логики. Синтаксис и семантика дескрипционной логики *ALCOIQ* и ее ориги-



нального расширения *SHOIQ* позволяют обосновать структуру иерархии систем-классов и обязательность выполнения принципа моноцентризма для концептуальных систем. Введение понятий «объём» и «содержание» систем-классов и описание их средствами дескрипционной логики расширяет системную теорию, основанную на системно-объектном подходе.

Полученные результаты в перспективе позволят совершенствовать существующие и создавать новые классификаторы (классификационные системы), являющиеся важным видом концептуальных моделей понятийных знаний.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Общая теория систем. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Общая\\_теория\\_систем](https://ru.wikipedia.org/wiki/Общая_теория_систем) (дата обращения 22.02.2020).
2. Ackoff R.L. General system theory and systems research: Contrasting conceptions of system science // In Proceedings of the Second Systems Symposium at Case Institute of Technology. – New York; London: Wiley, – 1964. – P. 51-60.
3. Дубровский В.Я. К разработке системных принципов: общая теория систем и альтернативный подход. – URL: <http://gtmarket.ru/laboratory/expertize/6566> (дата обращения 22.02.2020).
4. Пугачев Н.Н. Теория, онтология и реальность. – Воронеж: Изд-во Воронежск. ун-т, 1991. – 144с.
5. Лифшиц М. Об идеальном и реальном // Вопросы философии. – 1984. – № 10. – С. 120-145.
6. Шрейдер Ю.А., Шаров А.А. Системы и модели. – М.: Радио и связь, 1982. – 152 с.
7. Маторин С.И., Соловьева Е.А. Детерминантная модель системы и системологический анализ принципов детерминизма и бесконечности мира // Научно-техническая информация. Сер. 2. – 1996. – № 8. – С. 1-8.
8. Бондаренко М.Ф., Маторин С.И., Соловьева Е.А. Анализ системологического инструментария концептуального моделирования проблемных областей // Научно-техническая информация. Сер. 2. – 1996. – № 4. – С. 1-11.
9. Маторин С.И., Жихарев А.Г. Системный подход к классам объектов // Сборник трудов 8-й Международной конференции «Системный анализ и информационные технологии (САИТ)». – М.: ФИЦ ИУ РАН, 2019. – С. 244-249.
10. Гвишиани Д. М. Материалистическая диалектика – философская основа системных исследований // Системные исследования: Ежегодник, 1979. – М.: Наука, 1980. – С. 7-28.
11. Маторин С. И., Жихарев А. Г., Михелев В. В. Учет общесистемных закономерностей при концептуальном моделировании понятийных знаний // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2019. – № 3. – С. 12-23.
12. Шрейдер Ю. А. Теория познания и феномен науки // Гносеология в системе философского мировоззрения. – М.: Наука, 1983. – С.173-193.
13. Мельников Г. П. Системология и языковые аспекты кибернетики. – М.: Советское радио, 1978. – 368 с.
14. Гриб А.А. Фон-Неймановская интерпретация квантовой механики и проблема сознания // Философия и развитие естественно-научной картины мира. – Л., 1981. – С. 75-83.
15. Лифшиц М. Об идеальном и реальном // Вопросы философии. – 1984. – № 10. – С. 120-145
16. Велихов В.П., Зинченко В.П., Лекторский В.А. Сознание: Опыт междисциплинарного подхода // Вопросы философии. – 1988. – № 11. – С. 21.
17. Кондаков Н.И., Горский Д.П. Логический словарь. – М.: Наука, 1971. – 656 с.
18. Богданов А.А. Тектология: всеобщая организационная наука. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Экономика, 1989. – 304 с.
19. Маторин С.И., Жихарев А. Г. Учет общесистемных закономерностей при системно-объектном моделировании организационных знаний // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2018. – № 3. – С. 115-126.
20. Маторин С.И. Системологическое исследование структуры системы категорий // Научно-техническая информация. Сер.2. – 1997. – № 3. – С. 3-7.
21. Маторин С.И., Зимовец О.А., Щербинина Н.В., Сульженко Т.С. Концепция формализованной теории систем, основанной на подходе «УЗЕЛ–ФУНКЦИЯ–ОБЪЕКТ» // Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика. – 2016. – № 16(237), Вып.39. – С. 159-166.
22. Соловьева Е.А., Ельчанинов Д.Б., Маторин С.И. Применение теории категорий к исследованию и моделированию естественной классификации // Научно-техническая информация. Сер. 2. – 1999. – № 3. – С. 1-7.
23. Schmidt-Schauss M., Smolka G. Attributive concept descriptions with complements // Artificial Intelligence. Elsevier Science Publishing Company, Inc. – 1991. – № 48 (1). – P. 1-26.
24. Baader F., Calvanese D., McGuinness L., Nardi D. Patel-Schneider P. F. The Description logic handbook: theory, implementation, and applications. – Cambridge University Press. – 2003. – 576 p.
25. Baader F., Sattler U. Expressive Number Restrictions in Description Logics // Journal of Logic and Computation. – 1999. – № 9(3) – P. 319-350.

*Материал поступил в редакцию 24.02.20.*

## Сведения об авторах

**МАТОРИН Сергей Игоревич** – доктор технических наук, профессор, заместитель генерального директора по науке и инновациям ЗАО «СофтКоннект», г. Белгород  
e-mail: [matorin@softconnect.ru](mailto:matorin@softconnect.ru)

**МИХЕЛЁВ Владимир Владимирович** – аспирант кафедры прикладной информатики и информационных технологий Белгородского государственного национального исследовательского университета (НИУ «БелГУ»)   
e-mail: [keeper121@ya.ru](mailto:keeper121@ya.ru)

## Поиск архитектурного решения информационного обеспечения цифрового двойника сложной системы

*Показано, что цифровой двойник становится эффективным инструментом управления сложными системами. Дан обзор применения цифровых двойников в различных предметных областях. Отмечено, что цифровые двойники требуют особых условий информационного обеспечения. Описаны методика выбора шаблона архитектуры информационных систем элементов управляемой системы в зависимости от используемой модели данных и алгоритм поиска рационального решения информационного обеспечения цифрового двойника.*

**Ключевые слова:** архитектура информационной системы, цифровая модель, цифровая тень, цифровой двойник

**DOI:** 10.36535/0548-0027-2020-04-3

### ВВЕДЕНИЕ

В современных информационных системах широкое распространение получила технология *Digital Twins* (цифровые двойники), которая предполагает управление такими сложными системами как технические, производственные, социальные на основе проведения виртуальных экспериментов над цифровой моделью объектов реального мира. Эти эксперименты позволяют исследовать и прогнозировать состояние системы вплоть до вывода её в критическое или неустойчивое состояние, что позволяет принимать управленческие решения и не допускать реальную систему в состояние неэффективного использования ресурсов.

Мировой опыт показывает, что цифровые двойники нашли широкое применение в управлении производством электротехнической продукции [1, 2], литейным производством [3], автомобилестроением [4], мелкосерийным многоассортиментным промышленным производством [5], а также в промышленной экономике [6].

В технологии *Digital Twins* требуется интегрировать взаимодействие множества источников информации, организовывать их в хранилища данных и использовать эти данные для проведения виртуальных экспериментов [7–9]. Традиционными способами создать такую информационную систему будет сложно, поскольку необходимо объединить данные, информационное обеспечение которых построено на различных моделях, с использованием СУБД различных производителей.

Цель настоящего исследования – разработка метода и алгоритма создания информационного обеспечения и модуля интеграции, поддерживающих работу с цифровой моделью, цифровой тенью и цифровым двойником.

### ОЦЕНКА ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ИС НА ЕЁ ХАРАКТЕРИСТИКИ

При создании информационных систем или их интеграции [10, 11] важно учитывать такие свойства системы как *масштабируемость*, *надёжность*, *доступность*, *гибкость*. Поэтому необходима комплексная оценка процесса создания информационных систем с учетом типа модели данных, шаблона архитектуры, СУБД для обеспечения основных характеристик ИС. Традиционно выбор указанных компонентов информационных систем осуществляется независимо друг от друга на различных этапах их создания.

Современные тенденции развития подходов к проектированию и созданию ИС и их информационному обеспечению требуют комплексного рассмотрения влияния компонентов на характеристики ИС. Высокая *масштабируемость* этих систем в настоящее время подразумевает увеличение их производительности в 20–50 раз без изменения архитектуры. *Надёжность* – способность системы обеспечивать безошибочность функциональных, технических, эргатических и программных элементов ИС. *Доступность* – это возможность реализовать доступ к данным. *Гибкость* понимается как способность ИС к адаптации в процессе её эксплуатации, возможность подключения новых модулей, для выполнения новых функций.

Существует ряд архитектурных решений [12–18], позволяющих создать информационную систему и её информационное обеспечение, при этом компоненты системы могут оказывать различное влияние на её параметры. Один компонент может усиливать либо нивелировать влияние другого компонента при реализации конкретной функции ИС.

Рассмотрим примеры взаимного влияния компонентов ИС на её характеристики, например – многоуровневая архитектура позволяет наращивать функции ИС путем добавления независимых модулей, обеспечивая высокую надежность и гибкость. При этом, если в этой архитектуре для хранения данных применяется реляционная модель, то гибкость системы значительно снижается, но повышается её надежность, конфиденциальность и целостность данных.

Реляционная модель данных, применяемая в ИС, построенной на клиент-серверной архитектуре, позволяет обеспечить высокую безопасность, централизованный доступ к данным, простоту обслуживания. Масштабируемость системы при этом реализуется дополнительными средствами, например, репликациями.

Информационная система, построенная на основе сервис-ориентированной архитектуры [13, 15], в составе которой применяется объектно-процессная модель хранения данных, покажет высокую гибкость и масштабируемость без применения дополнительных инструментов.

Выделим двенадцать групп наиболее распространенных архитектурных решений, которые могут быть использованы при создании информационной системы (таблица).

Для экспертной оценки предлагается пятибалльная шкала оценивания влияния на характеристики ИС её компонентов:

- 0 – не обеспечивает заданное свойство;
- 1 – обеспечивает низкое влияние на заданное свойство;
- 2 – обеспечивает среднее влияние на заданное свойство;
- 3 – обеспечивает высокое влияние на заданное свойство;
- 4 – обеспечивает максимальное положительное влияние на заданное свойство.

При оценке и поиске рационального варианта обеспечения свойств ИС необходимо учитывать формат представления взаимного влияния компонентов, показанный в таблице. В строках таблицы расположены шаблоны архитектур ИС, в столбцах – модели данных и СУБД, реализующие эти модели. В ячейках таблицы содержатся многозначные числа – оценка влияния компонента на обеспечение свойства ИС. Первый разряд числа содержит оценку влияния на свойство масштабируемости, второй – свойство доступности, третий – свойство гибкости, четвертый – свойство надежности. Также в таблице представлены СУБД, являющиеся лидерами рынка по реализации баз данных на основе соответствующей модели.

№ п/п	Шаблон архитектуры ИС	Модель данных, поддерживающие СУБД										
		реляционная			иерархическая		сетевая		ключ-значение		объектная	
		Oracle	Microsoft SQL Server	DB2	Oracle	Microsoft SQL Server	Oracle	Microsoft SQL Server	MongoDB	MySQL	Oracle	Postgres
1	Объектно-ориентированная	2333	1333	1333	1212	1212	1213	1213	0000	0000	4444	3333
2	На основе механизма компонентов	2333	1333	1333	1213	1213	1213	1213	0000	0000	4434	4333
3	Аспектно-ориентированная	2333	1333	1333	1213	1213	1213	1213	0000	0000	4434	4333
4	Агентно-ориентированная	2333	1333	1333	1213	1213	1213	1213	0000	0000	4444	4343
5	Доменного проектирования	2333	1333	1333	1213	1213	1213	1213	1101	1001	4434	4334
6	Клиент-серверная	2434	1434	1434	1112	1112	1212	1213	1101	1001	2444	2333
7	Многоуровневая	4404	3404	3404	1213	1213	1213	1213	1101	1001	4444	4343
8	Событийно-ориентированная	2312	2312	2312	2212	2212	2322	2322	2211	2211	4444	4344
9	Сервис-ориентированная	2312	2312	2312	2212	2212	2312	2312	2211	2211	3334	3334
10	Сервис-ориентированная, управляемая событиями	2312	2312	2312	2212	2212	2312	2312	2211	2211	3334	3334
11	На микро-сервисах	0203	0203	0203	0000	0000	1111	1111	4444	4444	3234	3234
12	Пространственная	2434	1434	1434	1213	1213	1213	1213	1101	1001	4444	3333

Таблица позволяет выбрать шаблон архитектуры ИС для конкретной модели данных в соответствии с необходимым влиянием на обеспечение её свойств. При необходимости, таблица может быть расширена с помощью добавления моделей данных, применяемых СУБД и архитектурных решений. Оцениваемые свойства могут также подвергаться переоценке, которая может быть вызвана совершенствованием аппаратного и программного обеспечения ИС.

## **ВЫБОР АРХИТЕКТУРНЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ**

Современные информационные системы включают в себя цифровой двойник управляемой системы, который становится её основным компонентом для принятия управленческих решений. Управляемая система состоит из нескольких взаимосвязанных элементов, для каждого из которых осуществляется выбор архитектуры ИС для её поддержки. Алгоритм состоит из вариантов выбора:

- 1) модели данных для формирования цифровой тени компонента управляемой системы (см. первую строку таблицы);
- 2) СУБД, поддерживающую модель данных;
- 3) строки, содержащей максимальные значения обеспечения каждого свойства системы;
- 4) наиболее подходящих шаблонов архитектуры компонента ИС.

Эти варианты являются исходной точкой поиска рационального решения из совокупности допустимых шаблонов архитектур. Архитектурные решения каждого отдельного элемента ИС и интегрирующего модуля для создания цифрового двойника управляемой системы требуется рассматривать в комплексе. Задача построения не может быть сведена к линейному алгоритму и не является тривиальной, поэтому необходимо реализовать поиск наиболее рационального решения в многомерном пространстве необходимых свойств ИС таких как масштабируемость, надежность, доступность, гибкость, например, методами планирования эксперимента, крутого восхождения и т.п.

Для управления технической, производственной, социальной системой посредством цифрового двойника необходимо иметь наиболее полное представление об истории развития системы и её текущего состояния. Для этого в архитектуре ИС должен быть предусмотрен модуль интеграции данных, поступающих из различных источников – цифровых теней элементов управляемой системы. Само же управление системой посредством цифрового двойника достигается методами интеллектуальной обработки данных, путем исследования двойника на предмет наличия отклонений от целей системы, выработка прогноза состояния системы на ближайшее будущее, а также формирование управляющих воздействий.

Особенностями методов интеллектуальной обработки данных являются возможность решать сложные плохо формализуемые задачи; способность к самообучению; адаптивность. Модуль интеллекту-

альной обработки данных должен обладать определенными свойствами:

- решать задачи, описанные в терминах моделей цифровых двойников элементов управляемой системы;
- способность к работе с динамичными данными цифровой тени;
- способность к извлечению знаний из накопленных данных цифровых теней.

Таким образом будет найдено рациональное архитектурное решение для создания цифрового двойника сложной системы.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Обзор применения цифровых двойников показал, что они используются в таких предметных областях как автомобилестроение, литейная промышленность, производство электротехнической продукции и другие. Основные элементы цифрового двойника – это цифровая модель и цифровая тень, для формирования которых необходимо рациональное архитектурное решение их информационного обеспечения. Особенность сложной системы заключается в существовании множества отдельных элементов, которые имеют собственное информационное обеспечение. Цифровой двойник всей системы рассматривается как интеграция цифровых теней отдельных его элементов. Предложенная нами экспертная оценка выбора шаблона архитектуры ИС цифрового двойника предназначена для создания цифрового двойника управляемой системы и её необходимо рассматривать в комплексе архитектурных решений каждого отдельного элемента информационной системы и интегрирующего модуля. В управлении сложной системой посредством цифрового двойника определено место интеллектуальной обработки данных.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Wang X. V., Wang L. Digital Twin-Based WEEE Recycling, Recovery and Remanufacturing in the Background of Industry 4.0 // *International Journal of Production Research*. – 2018. – Vol. 55. – P. 1–11.
2. Schluse M., Rossmann J. From Simulation to Experimentable Digital Twins - Simulation based Development and Operation of Complex Technical Systems // *Second IEEE International Symposium on Systems Engineering – ISSE2016 (October 3–5, Edinburgh, Scotland)*. – Edinburgh: IEEE Press, 2016. – P. 273–278.
3. Knapp G.L., Mukherjee T., Zuback J.S., Wei H.L., Palmer T.A., De A., DebRoy T. Building Blocks for a Digital Twin of Additive Manufacturing // *Acta Materialia*. – 2017. – Vol 135. – P. 390–399. – Netherlands: Elsevier, 2017.
4. Xu X. Machine Tool 4.0 for the New Era of Manufacturing // *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. – Switzerland: Switzerland AG: Springer Nature, 2017. – P. 1893–1900.
5. Moeuf A., Pellerin R., Lamouri S., Tamayo-Giraldo S., Barbaray R. The Industrial

- Management of SMEs in the Era of Industry 4.0 // International Journal of Production Research. – 2018. – Vol. 56(3). – P. 1118–1136. – UK: Informa UK Limited, 2018.
6. Cochran D. S., Foley J. T., Bi Z. Use of the Manufacturing System Design Decomposition for Comparative Analysis and Effective Design of Production Systems // International Journal of Production Research. – 2017. – Vol. 55(3). – P. 870–890. – UK: Informa UK Limited, 2017.
  7. Шведенко В.Н., Шведенко В.В., Щекочихин О.В. Применение структурного полиморфизма при создании информационных систем процессного управления // Научно-техническая информация. Сер. 2. – 2018. – № 11. – С. 9-15; Shvedenko V.N., Shvedenko V.V., Shchekochikhin O.V. The use of structural polymorphism in creating process-based management information systems // Automatic Documentation and Mathematical Linguistics. – 2018. – Vol. 52, № 6. – P. 290-296.
  8. Шведенко В.Н., Шведенко В.В., Щекочихин О.В. Использование структурного и параметрического полиморфизма при создании цифровых двойников // Научно-техническая информация. Сер. 2. – 2019. – № 3. – С. 21-24; Shvedenko V.N., Shvedenko V.V., Shchekochikhin O.V. Using Structural and Parametric Polymorphism in the Creation of Digital Twins // Automatic Documentation and Mathematical Linguistics. – 2019. – Vol. 53, № 2. – P. 81–84.
  9. Шведенко В.Н., Волков А.А. Метод создания цифрового двойника на основе агрегации информационных объектов // Научно-техническая информация. Сер. 2. – 2019. – № 5. – С. 22-26; Shvedenko V.N., Volkov A.A. A Method for Digital Twin Generation Based on the Aggregation of Information Objects // Automatic Documentation and Mathematical Linguistics. – 2019. – Vol. 53, № 3. – P. 122–126.
  10. Izza S. Integration of industrial information systems: From syntactic to semantic integration approaches // International Journal Enterprise Information Systems. – 2009. – Vol. 3(1). – P. 1-58. – London: Taylor & Francis, 2009.
  11. Mitchell V. Knowledge integration and information technology project performance // Management Information Systems Quarterly. – 2006. – Vol. 30(4). – P. 919-939. – University of Minnesota, 2006.
  12. de la Torre C., Wagner B., Rousos M. NET Microservices Architecture for Containerized NET Applications / Redmond. – Washington: Microsoft Corporation, 2019 – 324 с.
  13. SOA patterns. – URL: <http://www.soapatterns.org/> (дата обращения: 08.05.2019).
  14. David Chou. Using Events in Highly Distributed Architectures // The Architecture Journal. – 14.01.2009. – URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/previous-versions/dd129913> (дата обращения: 15.05.2019).
  15. Microservice architecture. – URL: <http://microservices.io/index.html> (дата обращения: 01.06.2019).
  16. Wickramarachchi A. Event Driven Architecture Pattern // Towards data science. –15.09.2017. – URL: <https://towardsdatascience.com/event-driven-architecture-pattern-b54f-c50276-cd> (дата обращения: 10.05.2019).
  17. Mallawaarachchi V. 10 Common Software Architectural Patterns in a nutshell // Towards data science. – 04.09.2017. – URL: <https://towardsdatascience.com/10-common-software-architectural-patterns-in-a-nutshell-a0b47a1e9013> (дата обращения: 10.05.2019).
  18. Pethuru Raj, Anupama Raman, Harihara Subramanian. Architectural Patterns. – Birmingham, United Kingdom of the Great Britain: Packt Publishing, 2017 – 437 с.

*Материал поступил в редакцию 26.02.20.*

#### **Сведения об авторах**

**ШВЕДЕНКО Владимир Николаевич** – доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник ВИНТИ РАН, Москва  
e-mail: [vv\\_shved@mail.ru](mailto:vv_shved@mail.ru)

**ЩЕКОЧИХИН Олег Владимирович** – кандидат технических наук, доцент, инженер информационной безопасности ООО "ММТР", Кострома  
e-mail: [slim700@yandex.ru](mailto:slim700@yandex.ru)

**ЧЕРКАСОВА Наталья Владимировна**, аспирант, ФГБУН ВИНТИ РАН,  
e-mail: [La-na777@yandex.ru](mailto:La-na777@yandex.ru)

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ ТЕКСТА

УДК 811.581'35:003.324:004.94

М.А. Егорова, А.А. Егоров, Т.М. Соловьева

## Моделирование распространения и видоизменения письменности в пра-Китайских языковых сообществах\*

*Приведена краткая информация о китайском языке и китайских языковых сообществах, показана история его становления. Рассмотрена возможность создания в Китае одного общегосударственного языка (Путунхуа / Pǔtōnghuà / 普通话). Приведены некоторые результаты теоретического анализа и компьютерного моделирования, демонстрирующие, что формирование единого языка постепенно происходит уже сейчас, но унификация будет, скорее всего, достигнута не ранее 3500 года. Дана оценка числа возможных элементарных «символов» («базовых единиц» или ключей (bùshǒu / 部首)) гипотетической пра-Китайской письменности. Проведено сравнение некоторых типовых иероглифов и ключей из современных распространенных СМС-сообщений с иероглифами и ключами на изображениях типичных Цзягувэнь (甲骨文 / Jiǎgǔwén – письмена на черепаших панцирях и гадальных костях, относящихся к XIV–XI вв. до н.э.). Обнаружены совпадающие иероглифы и ключи, что демонстрирует обоснованность предложенного подхода и справедливость выполненных расчетов.*

**Ключевые слова:** математическая лингвистика, распространение языков, Индо-европейские языки, Азиатские языки, Китайский язык, пра-Китайский язык, китайские ключи, компьютерное моделирование

DOI: 10.36535/0548-0027-2020-04-4

### ВВЕДЕНИЕ

Исследование распространения и изменения лингвистической информации в модельном праиндоевропейском (ПИЕ) языковом сообществе, в том числе на начальном этапе его формирования, было описано в наших предыдущих работах [1, 2], где был использован новый метод изучения лингвистических сообществ (и процессов распространения в них лингвистической информации) как динамических диссипативных систем. Для изучения распространения и изменения лингвистической информации в ПИЕ языковых сообществах, а также для поиска прародины народов, которые были носителями праиндоевропейского языка (языков), мы применили две математические модели: (1) модель динамической системы, описываемая не сложным нелинейным уравнением и

(2) модель, описываемая достаточно сложной системой интегрально-дифференциальных уравнений. Также нами впервые было установлено, что распространение и изменение лингвистической информации в сообществах можно рассматривать не только как регулярный, но и как типично хаотический процесс [1, 2].

Впервые в мире мы предложили использовать для анализа распространения лингвистической информации в праиндоевропейских сообществах тот факт, что праиндоевропейские народы первыми в истории человечества одомашнили лошадь. Именно преимущество всадников перед пешими членами древних сообществ и было положено нами (см. [1]) в основу при построении теоретических моделей и компьютерном моделировании, результаты которого показали, что из двух основных гипотез формирования праиндоевропейцев – Анатолийской и Курганной – последняя больше соответствует полученным нами временным оценкам [1]. Были проанализированы также некото-

\* Публикация подготовлена при частичной поддержке Программы РУДН «5-100».

рые проблемы поиска прародины (*Urheimat*) народов – носителей праиндоевропейского языка. Полученные нами результаты соответствуют выводам других независимых исследователей [3, 4]).

В настоящей статье рассматривается возможность применения разработанного нами подхода при изучении других языковых сообществ, например, азиатских, и для анализа распространения в них лингвистической информации [5]. Мы считаем, что подобный подход возможен и достаточно логичен.

С точки зрения взаимоотношения между глаголом и существительным языки делятся на *активные*, *номинативные*<sup>1</sup> и *эргативные*<sup>2</sup>. В *активных* языках есть деление существительных на «активные» и «неактивные», глаголов – на «активные» и «стативные», а прилагательные обычно отсутствуют. К таким языкам относятся, например, современный китайский и праиндоевропейский [6]. Заметим, что стативные глаголы (означающие дословно «быть серым», «быть ясным» и т.д.) не выражают действия и не предполагают длительности, а дают лишь описание состояния. Подобные глаголы существуют в китайском и корейском языках, в древних и ряде современных семитских языках, в то время как в современных индоевропейских языках вместо стативных глаголов, как правило, применяют прилагательные.

В случае пра-Китайских языковых сообществ нами была исследована только модель динамической системы, описываемая нелинейным уравнением. При моделировании предполагалось, что отделение пра-Сино-Тибетской языковой семьи, т. е. фактически «появление» гипотетического пра-Китайского языка, произошло около 6500 лет назад [7–12].

Мы предполагаем, что сходство современного китайского и праиндоевропейского языков (они оба активные языки) с точки зрения взаимоотношения между глаголом и существительным может быть использовано для применения нашего метода при анализе Сино-Тибетской языковой семьи [5, 6]. Первым нашим шагом было получение некоторой предварительной оценки возникновения пра-Китайского языка. При этом в качестве вспомогательной информации мы использовали данные независимых исследований, как из лингвистики, так и из других научных областей, например, истории и археологии [3, 4, 7–10, 13, 14].

<sup>1</sup> *Номинативные языки* – языки, в которых номинатив (основной падеж существительного) соответствует субъекту как переходного, так и непереходного глаголов, и противопоставляется аккузативу, который соответствует объекту переходных глаголов. К номинативным относится большинство современных индоевропейских языков.

<sup>2</sup> *Эргативные языки* – языки, в которых абсолютив (основной падеж существительного) соответствует субъекту непереходного и объекту переходного глаголов и противопоставляется эргативу, который соответствует субъекту переходного глагола. К эргативным относятся, например, северокавказские языки, баскский, а из индоевропейских языков – курдский; реликты явления имеются в грузинском языке («повествовательный падеж» – бывший эргатив).

## КИТАЙСКИЙ ЯЗЫК И КИТАЙСКИЕ ЯЗЫКОВЫЕ СООБЩЕСТВА

К началу XX в. китайский язык оказался распространен на всей территории Китая, за исключением некоторых северных и северо-западных районов, где говорили на языках алтайской группы, тайском и мао-яо [7]. Однако уже к началу XXI в. в ходе реализации правительством КНР программы по распространению официального китайского языка путунхуа (*Pǔtōnghuà* / 普通话) на территории всего Китая китайский язык постепенно внедряется в те районы, где исторически он не был распространен [15].

Современный китайский язык путунхуа был создан искусственным путем в середине XX в. За его основу взяты лексика и грамматика «мандарина» (мандаринского китайского или северокитайского) и пекинский диалект – для произношения, т.е. фонетика и лексика путунхуа основана на произносительной норме пекинского диалекта, принадлежащего северной группе диалектов китайского языка. Грамматика путунхуа соответствует нормам, закрепленным в литературных произведениях на современном китайском языке «*байхуа*» (*Báihuà* / 白话), которые также наиболее близки к северным диалектам и унаследовали с определенными изменениями письменность, пришедшую еще из древнекитайского языка [15].

В настоящей статье мы считаем вполне правомочным рассуждать, скорее о письменности китайского языка, как основном связующем звене между древнекитайским, среднекитайским и современным китайским языками. Собственно, в развитии китайского языка выделяют обычно три периода – древнекитайский, среднекитайский и современный. В истории живого устного языка древнекитайский период заканчивается, скорее всего, примерно в VI в. н.э., древнекитайский язык с V в. до н.э. по II в. н.э. можно назвать классическим, язык более ранних памятников – доклассическим, а язык III–VI вв. н.э. – поздним древнекитайским [9].

Китайский язык имеет более чем трехтысячелетнюю историю и является одной из двух ветвей Сино-Тибетской (Китайско-Тибетской) семьи языков. Первоначально он был языком основной этнической группы Китая – народа хань (доминирует в национальном составе КНР: более 90% населения страны). В своей стандартной форме китайский – официальный язык КНР и Тайваня, а также один из шести официальных и рабочих языков Организации объединенных наций. На языках, входящих в сино-тибетскую семью, говорят в Китае, на Тайване, в странах Юго-Восточной Азии, кроме того, те или иные диалекты китайского языка – это основные языки общения китайской этнической диаспоры по всему миру. Китайский язык – это совокупность весьма сильно различающихся диалектов, и потому рассматривается большинством лингвистов как самостоятельная языковая ветвь, включающая отдельные, хотя и родственные между собой, языковые и/или диалектные группы, объединенные общей письменностью. Китайская (синитическая) семья состоит из нескольких китайских языков, именуемых нередко диалектами.

Древнейшими памятниками китайского языка считаются надписи на костях и черепаших панцирях, служивших для гадания (XIII–XI вв. до н.э.), а также на бронзовых сосудах (наиболее ранние из них относятся к концу II тыс. до н.э.), хотя у китайцев есть определенные сомнения в этих датах [9]. Некоторые служебные слова встречаются только в определенной группе памятников, или одни и те же служебные слова в разных произведениях употребляются по-разному. По этому признаку можно выделить, по крайней мере, два диалекта. Следует отметить, что в III в. до н.э. диалектные различия между отдельными памятниками почти исчезают. Все тексты этого времени содержат, в общем, одни и те же служебные слова [9].

В китайском языке грамматические отношения между словами в предложении выражаются порядком их расположения, а также специальными – служебными – словами, например, предлогами, но не изменением формы слов. В древнекитайском языке, как и в современном китайском языке, отсутствуют какие-либо формы склонения и спряжения [9]. Древнекитайский не знает агглютинативных словоизменительных аффиксов, вроде тех, которые в современном китайском языке образуют видовременные формы глагола; время и залог глагола в древнекитайском тоже выражаются служебными словами. Только в области словообразования мы находим в нём довольно много элементов флексии (а также, может быть, агглютинации). Языки, в которых грамматические отношения между словами выражаются с помощью порядка слов или служебных слов, в типологической классификации называют либо изолирующими, либо аналитическими (этим двум терминам – «изолирующие» и «аналитические» – дают совершенно одинаковое определение, но первый употребляется только по отношению к языкам Азии и Африки, второй – преимущественно к европейским языкам). Итак, китайский язык – аналитический или, что то же самое, изолирующий. К этому же языковому типу принадлежат многие другие языки Дальнего Востока, например, тибетский, таи (сиамский), вьетнамский, кхмерский [9, 12].

Важной отличительной особенностью древнекитайского языка является его слоговой характер – все корни этого языка односложны. Односложность свойственна также всем аналитическим языкам Дальнего Востока. Другая особенность древнекитайского языка – наличие музыкальных тонов. В отличие от современного китайского языка (а также таи и вьетнамского), корень в древнекитайском не был совершенно неизменяемым – возможны были чередования звуков внутри корня, т.е. внутренняя флексия [9].

Современный китайский язык путунхуа (*Pǔtōnghuà* / 普通话) – тональный, т.е. каждый слог, имеющий ударение, произносится тем или иным тоном. Поскольку от тона зависит значение слова, новые слова необходимо учить вместе с тонами. В путунхуа различают четыре тона (пятый тон является условным и не имеет специального голосового окрашивания):

1) высокий ровный, его мелодия производит впечатление незаконченного высказывания;

2) средний восходящий, производит впечатление переспроса;

3) нисходяще-восходящий, производит впечатление недоуменного вопроса;

4) высокий нисходящий, производит впечатление категорического приказа.

Считается, что в путунхуа используется 400 звуковых слогов, среди которых имеется огромное количество омонимов. Число этих слогов уменьшается за счёт тонации. Если бы каждый из них произносился в четырёх тонах, то получилось бы 1600 тональных слогов с разным значением. Однако далеко не все слоготипы имеют в китайском языке четыре тональных варианта, а только 174 слоготипа; 148 – имеют три тональных варианта, 57 – два и один – 25.

В морфологическом плане китайский язык относится к языкам изолирующего типа; существительные и прилагательные не разделяются по родам, не изменяются по числам и падежам; для выражения рода и числа используются контекст и уточняющие морфемы. В китайском языке нет суффиксов, окончаний, приставок; глаголы не изменяются по числам и родам, не спрягаются и не изменяются по временам, временные значения передаются с помощью контекста или служебных иероглифов. В китайском языке четыре основные части речи: 1) глагол; 2) существительное; 3) прилагательное и 4) локатив. В зависимости от порядка слов в предложении они принимают на себя различные грамматические функции. Общая структура предложения: Субъект–Глагол–Объект (*SVO – Subject–Verb–Object*).

Китайский язык имеет чёткую фонеморфологическую структуру слога, началом которого служат согласные в количестве 21, называемые инициалами, а окончанием – 38 финалей, состоящих из гласных, дифтонгов (восходящих и нисходящих) и восходяще-нисходящих трифтонгов. Теоретически общее количество слогов в путунхуа составляет:  $21 \cdot 38 = 798$ . А всего морфем (с использованием четырех тонов) – около 3200.

В современном китайском языке выделяют от 7 до 10 основных групп диалектов [8]. Общепринятый нормативный китайский (мандаринское наречие), или общенациональный язык путунхуа, основан на диалекте Пекина (или Бейцзина, как на Западе по настоянию Китая дается название столицы). С учетом достаточно большой разницы между китайскими диалектами можно сказать, что согласно традиционной классификации китайцы говорят на семи китайских языках (диалектах): **гань** (*Gan / Kan*); **северные диалекты** (мандаринский язык – *Mandarin*); **хакка** (кэцзя) (*Hakka / Kejia*); **минь** (*Min*), включая фуцзяньский и тайваньский; **у** (*Wu*), включая шанхайский; **сян** (*Xiang*); **юэ** (*Cantonese, Yue*) [11].

Китайский язык в древности был распространён на меньшем пространстве, чем сегодня. В эпоху Чжоу Китай занимал территорию современных провинций Хэбэй, Хэнань, Шаньдун, Шаньси, средней части Шэньси, северной части Аньхуэя и Цзянсу. Население государств Чу, У и Юэ, расположенных к югу и юго-востоку от этой территории, первоначально говорило не на китайском языке. По размерам армий китайских государств IV–III вв. до н.э. можно приблизительно подсчитать численность населения Китая в это время – она составляла около 20 млн че-



людей (возможно, что в южных государствах часть населения по-прежнему еще говорила не по-китайски). После объединения с Китаем были присоединены обширные районы на юге и юго-западе. Во многих местах китайский вытеснил прежние языки местного населения, подобно тому, как латинский вытеснил другие языки в Западной Римской империи. Население империи Хань в первые годы нашей эры, согласно переписи, составляло около 60 млн человек, причем из этого количества не более одной десятой приходилось на недавно завоеванные территории. В начале IV в. н.э. Северный Китай был завоеван гуннами и другими кочевыми народами, после чего более 250 лет (до конца древнего периода в истории китайского языка) Китай был разделен на Северный и Южный. В результате непрерывных войн население страны сильно сократилось (в 2-3 раза, если верить переписям [16]). В годы первых вторжений кочевников много людей бежало на юг, за реку Янцзы, где возникли новые экономические и культурные центры. На севере завоеватели постепенно смешались с местным населением, переняли китайские обычаи и язык. Древнекитайский язык распался на ряд диалектов. Заметим, что диалектные различия существовали и прежде, что отражалось уже в ранней литературе (до III в. до н.э.).

Согласно современным представлениям о лингвистических контактах китайского языка имеются три важные области его лингвистических связей: палеоазиатские енисейские, ностратические, аустроазиатские языки, иначе – китайский язык находился в активных контактах с языками народов, окружавших древний Китай. Вместе с тем, мы учитывали, что технология одомашнивания и использования лошадей пришла в пра-Сино-Тибетское и древнекитайское сообщества значительно позже (как минимум на 400 лет, чем у ПИЕ [1, 4, 5, 10]), поэтому при моделировании полагали, что в то время (примерно 6000-7000 лет назад) в этих сообществах отсутствовали всадники в отличие от ПИЕ [1, 2, 5, 10].

Отдельная проблема – лингвистические связи китайского языка с языками западной части Евразийского континента. В 1967 г. Я. Уленброк писал, что число Китайско-Индоевропейских соответствий настолько велико, что наступила пора говорить об их языковом родстве, однако в своей работе он привел лишь 57 этимологий [14]. В последующие годы Я. Уленброк выпустил статьи, в которых утверждал, что народы культуры крашеной керамики говорили на индоевропейских языках и пришли с запада на территорию современной провинции Ганьсу между 3000 и 2500 гг. до н.э.

Некоторые лингвисты поддержали взгляды Я. Уленброка, например, Л.С. Васильев, не согласившийся при этом с его исторической интерпретацией лингвистических данных [10]. Однако, в целом, взгляды Уленброка не встретили одобрения лингвистов, работающих в области истории китайского языка. Убедительные китайско-индоевропейские лексические соответствия немногочисленны, хотя ожидается, что со временем их число будет расти. Несмотря на усилия лингвистов, работавших над проблемой китайско-индоевропейского родства, следует признать, что это

родство не доказано до сих пор. Общая китайско-индоевропейская лексика по большей части восходит к древнейшей ностратической, которая могла попасть в китайский язык не только через индоевропейские, но и через другие ностратические языки. В настоящее время эту лексику соотносят с индоевропейской, поскольку языки этой группы исследованы лучше других ностратических языков.

Китайский язык пользуется идеографической письменностью, знаки китайской письменности называют иероглифами. В идеографической письменности, в отличие от фонетической, каждый знак соответствует не звуковой единице – звуку или слогу, а значимой – слову или морфеме, которые записываются как единое целое, а не членятся на составляющие их звуки. Разные слова пишутся по-разному, даже если звучат одинаково. Из этого следует, что одно и то же слово на всем протяжении истории китайского языка пишется одинаково, как бы ни менялось его произношение. Китайская письменность не дает нам никаких прямых свидетельств фонетических изменений, происходящих в языке, или сведений о фонетических различиях между китайскими диалектами; и наоборот: текст, записанный иероглифами, может быть прочитан вслух на любом из современных китайских диалектов, а также по-японски, по-корейски, по-вьетнамски – на любом языке, использующим китайскую письменность. Древние китайские тексты сейчас никто не читает с древним произношением (оно нам даже не вполне известно). Каждый китаец читает эти тексты, произнося слова так, как они звучат в его родном диалекте в настоящее время или же пользуется общепринятым для путунхуа произношением. Фонетически каждый иероглиф соответствует слогу. Морфологически неразложимые двухсложные слова, которых, впрочем, в древнекитайском языке немного, пишутся двумя иероглифами.

Первая классификация китайских письменных знаков (иероглифов), впервые подробно изложенная в словаре «Шо вэнь» (Словарь «Шо вэнь цзе цзы» 说文解字), до сих пор остается самой распространенной. По этой классификации все знаки делятся на простые и сложные. Сложные знаки состоят из двух или нескольких простых, но они имеют значение только взятые целиком. Сложный иероглиф нельзя прочесть по составным частям так, как в европейских языках мы читаем слово по буквам. Простых знаков существует несколько сотен, и делятся они на образительные и указательные. Сложные знаки тоже делятся на две категории: первая – это идеограммы (в узком смысле слова; в широком смысле идеограммой называют любой китайский иероглиф), представляющие собой сочетания двух или более простых знаков, по смыслу в той или иной степени связанных со значением знака в целом; вторая категория, самая многочисленная – это так называемые фонетические иероглифы, или фонограммы. Иероглифы этой категории состоят из двух частей, одна из которых (фонетический знак или фонетическая часть) указывает на приблизительное чтение иероглифа в целом, а другая (ключ) – на смысловую категорию, к которой относится значение слова, обозначаемого иероглифом. Фонетические иероглифы занимают особое место в

китайской письменности, так как их состав отражает не только значение, но и звучание слова. Тем не менее, было бы неправильно рассматривать их как подобие фонетической, буквенной письменности. В них по-прежнему нет деления слова на фонетические, не имеющие значения единицы. Различаются ещё две категории иероглифов – заимствованные и «взаимно поясняющие». Заимствованным считается иероглиф, употребляющийся не в своем первоначальном значении, а для записи омонимичного или близкого по звучанию слова. Общее число фонетических иероглифов в настоящее время во много раз превышает число иероглифов любой другой категории, но в тексте обычно их меньше половины, так как наиболее распространенные слова пишутся, как правило, простыми знаками.

Внешняя форма китайских иероглифов в III в. до н.э. и позднее претерпела сильные изменения, вызванные главным образом изменением техники письма. В I в. н.э. впервые появился тот стиль письма, который сохранился до настоящего времени («кайшу» – образцовое или уставное письмо *kǎishū* / 楷书). Он отличается от существовавших ранее тем, что все знаки в этом стиле строятся из небольшого числа одних и тех же основных графических элементов (горизонтальная черта, вертикальная черта, крюк, точка и т.д.), окончательно потерявших всякое сходство с рисунками, от которых произошли.

Древнейшие китайские тексты и образцы китайской письменности, относящиеся к XIV–XI вв. до н.э., т. е. ко второй половине эпохи Шан, – *Цзягувэнь* (*Jiǎgǔwén* / 甲骨文, – «письмена на черепаших панцирях и костях») – иероглифические надписи на гадальных костях, фиксирующие результаты гаданий [7, 9, 13, 17]. Структура надписей практически не претерпела изменений на протяжении всех периодов – они включали дату, имя гадателя, вопрос, ответ и отметку об исполнении, а вот каллиграфический стиль подвергся существенному изменению – от крупных грубоватых иероглифов раннего периода до мельчайших, едва различимых глазом (эпоха Западная Чжоу). Количество различных иероглифов на панцирях и костях составляет около 5 тыс. знаков, из которых с современными иероглифами отождествляются около 1,5 тыс. [18].

Несколько замечаний о структуре и форме древнейших текстов и образцов китайской письменности. Согласно поздним текстам (*Shang oracle bone script*), иероглифические надписи (*scripts*) уже развились (превратились) во множество, в основном, не пиктографических знаков, включающих все основные типы китайских иероглифов, которые используются и сейчас. Фонетические заимствования номограмм (рисунков), семантико-фонетические и ассоциативные соединения уже были распространены. Один из структурных и функциональных анализов символов гадальной кости показал, что эти символы включали: пиктограмм – 23%, простых указателей (т.е. служили в качестве знака или указания на что-то) – 2%, ассоциативных соединений – 32%, фонетических заимствований – 11%, фонетико-семантических соединений – 27% и неопределенных – 6%. Исходя из этого

можно предположить, что число элементарных «символов» древнекитайской письменности могло составлять примерно от 25 (23 + 2) до 36 (23 + 2 + 11). Эти значения можно использовать в модельных расчетах при исследовании распространения и изменения лингвистической информации в китайских языковых сообществах. Мы считаем, что на начальном этапе формирования пра-Китайского языка именно иероглифические надписи на различных предметах играли важнейшую роль в этом процессе.

Для определения примерного числа основных «элементов» («элементарных символов» или «базовых единиц») (древне-)китайской письменности мы проанализировали современный 100-словный список Сводеша для Сино-Тибетских языков [19]. При этом из таблицы основных черт и ключей китайских иероглифов (их общее число составляет примерно 120 «элементов»), входящих в этот список, мы отобрали только ключи с достаточно высокой повторяемостью (т.е. они входят во многие иероглифы списка Сводеша). Это число ключей мы и будем считать числом основных (базовых) «элементов» китайской письменности.

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ ЛИНГВИСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В ЯЗЫКОВЫХ СООБЩЕСТВАХ

Тибето-Бирманская ветвь Сино-Тибетских языков отделилась от Китайской ветви около 6000 лет назад [7]. С другой стороны, предполагается, что время начала разделения пра-Сино-Тибетской (пра-Китайско-Тибетской) языковой семьи, т.е. по сути, время «появления» гипотетического пра-Китайского языка относится к периоду приблизительно не позднее 7000 лет назад (см., например, [12, 20]).

Напомним, что внешняя форма многих китайских иероглифов в III в. до н.э. и позднее претерпела сильные изменения, вызванные изменением техники письма, а в I в. н.э. появился стиль письма, сохранившийся до настоящего времени, который отличается от существовавших ранее тем, что все знаки в этом стиле строятся из небольшого числа одних и тех же основных графических элементов (горизонтальная черта, вертикальная черта, крюк, точка и т.д.). Эти элементы потеряли во многом сходство с рисунками, от которых произошли. С учетом этого можно предполагать, что исходное число возможных «основных графических элементов» было достаточно велико, но ограничено (скорее всего, их число не превышало 2-3 тыс.).

Остановимся кратко на используемых нами методах исследования (подробнее см. в [1, 2, 5]). Динамическая модель распространения и изменения «лингвистической информации» в некотором сообществе может быть описана нелинейным уравнением [1]:

$$I_{m+1} = \left[ a_1 I_m (M - I_m) + a_2 (M - I_m)^2 \right] \lambda, \quad (1)$$

где  $I$  – величина анализируемой лингвистической информации,  $m = 1, 2, \dots$  ( $m = 1$  соответствует первому «измерению», т.е.  $I_1$  – начальное значение, например, в некоторый начальный момент времени  $t_1$ );

$a_1$  – коэффициент, характеризующий распространение лингвистической информации при контактах «незнающих» со «знающими» эту информацию  $I_n$ ;  $a_2$  – коэффициент, характеризующий воздействие только на «незнающих»;  $M$  – максимальное значение лингвистической информации;  $\lambda$  – параметр задачи (управляющий параметр).

Нелинейное уравнение (1) позволяет исследовать процесс изменения распространяющейся лингвистической информации в зависимости от времени и других параметров. Как само уравнение, так и его варианты могут использоваться при исследовании процесса обучения, например, детей взрослыми в некотором лингвистическом сообществе.

После замены переменных уравнение (1) можно записать в следующем виде:

$$y = \lambda_1 x(1-x) + \lambda_2 x(1-x)^2, \quad (2)$$

где  $y = I_{m+1}/M$ ,  $x = I_m/M$ ; и  $\lambda_1 = a_1 M \lambda$ ,  $\lambda_2 = a_2 M \lambda$  – новые управляющие параметры системы;  $0 \leq x \leq 1$ .

Используем полученные в [1, 2] данные при численном исследовании распространения и изменения лингвистической информации в праиндоевропейском языковом сообществе для анализа распространения языковой информации в пра-Китайском языковом сообществе (в том числе на начальном этапе его формирования), учитывая, что в нем отсутствуют всадники. Как следствие, в настоящей работе при компьютерном моделировании соотношение коэффициентов  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  выбиралось, исходя из соотношения средних скоростей движения  $v_1$  и  $v_2$  (в км/час) разных типов пешеходов:  $\lambda_1 : \lambda_2 \propto v_1 : v_2 \approx 3 : 3 \approx 1$ . Еще одним важным условием поставленной задачи считаем языковую политику Китая, направленную на лингвистическую унификацию, т.е. создание одного общегосударственного языка в ближайшей перспективе [5].

Предположим, что начало разделения пра-Сино-Тибетской языковой семьи, т.е. «появление» гипотетического пра-Китайского языка, произошло приблизительно 6500 лет назад (среднее по данным работ [5–13, 20]), т.е.  $6500 : 500 = 13$  поколений назад (500 лет – стандартное время расхождения двух родственных языков [1–7]).

Графики полученных результатов моделирования, в частности, возможные случайные сценарии развития лингвистических сообществ в рамках данной модели, приведены на рис. 1 и 2. Графическая иллюстрация полученных результатов компьютерного моделирования в случае регулярного сценария развития сообществ представлена на рис. 1. Компьютерное моделирование выполнялось с учетом примерного равенства коэффициентов  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  (см. формулы (1), (2)). Возможность установления в пра-Китайской лингвистической системе двуязычия ( $\lambda_1 = 0.58$ ,  $\lambda_2 = 1.0$ , начальное значение  $x_0 = 10^{-4}$ ) или большого количества языков ( $\lambda_1 = 0.58$ ,  $\lambda_2 = 1.9$ ,  $x_0 = 10^{-4}$ ) демонстрирует рис. 2.

При численном моделировании параметры имели следующие значения – на рис. 1а:  $\lambda_1 = 0,6$  и  $\lambda_2 = 0,59$ , начальное значение  $x_0 = 10^{-4}$ ; на вставке справа внизу: тот же график, где увеличен масштаб по  $x$  для отрезка изменения  $m$  от 7 до 18; на рис. 1б:  $\lambda_1 = 3,1$  и  $\lambda_2 = 0,6$ , начальное значение  $x_0 = 10^{-4}$ . В лингвистическом сообществе реализуется нерегулярный сценарий – начинает возникать хаос.

Из приведенных на рис. 1а графиков видно, что появление одного языка (итерированные значения  $x_{m+1}$ , т.е. информации  $I_m \rightarrow const$ , т.е. здесь динамический режим является стационарным или имеет период, равный единице – наблюдается цикл  $S^1$ ) достигается, как и ожидалось, примерно на 13-16 поколениях ( $\approx 2019-3500$  гг.), но унификация (как видно на вставке к рис. 1а) будет, скорее всего, достигнута только к 16-18 поколениям, т.е. не ранее 3500 г. Это приближенная теоретическая оценка, получающаяся в рамках данной модели, и именно так ее и следует оценивать.

График на рисунке 1б иллюстрирует процесс перехода от достаточно регулярного сценария на рис. 1а к нерегулярному (наблюдается переход к хаосу вида  $S^\infty$ ), аналогичному развитию схожих процессов в праиндоевропейском сообществе [1, 2].

Некоторые возможные нерегулярные сценарии развития в рамках рассматриваемой модели демонстрируются на рис. 1б и 2б, на рис. 2а показана возможность установления и существования в течение длительного времени (около 7000 лет) по сути двуязычия в гипотетической пра-Китайской лингвистической системе. В этом случае отображение (2) имеет устойчивый цикл с периодом 2, т.е. цикл  $S^2$ . Рис. 2б, напротив, отражает возможность перехода гипотетической пра-Китайской лингвистической системы к хаотическому развитию с большим количеством языков. При таком сценарии развития системы переход к одному языку был бы очень маловероятен даже к 4000-м гг. Более детальный анализ поставленной задачи выходит за рамки проблемы «лингвистической унификации» (закрепление в обществе одного общегосударственного языка в ближайшей перспективе).

Выражение (2), записанное в виде  $y = f(x)$  ( $x_{n+1} = f(x_n)$ ) на дискретном множестве точек  $x_n$ ) можно рассматривать как одномерное отображение, поскольку функция  $f(x)$  переводит любую точку отрезка  $[0, 1]$  в некоторую другую точку того же самого отрезка. Для исследования динамического поведения подобных систем от  $\lambda$  используется графический метод итерирования  $f(x)$ , суть которого состоит в следующем: выбирается некоторая точка  $x_0$ , не являющаяся неподвижной (например,  $x_0 \neq 0$ ), проводится вертикальная линия из точки  $(x = x_0, y = 0)$  до пересечения с кривой  $y = f(x)$  в точке  $\{x_0, y_0 = f(x_0)\}$ . Затем проводится горизонтальная прямая из точки  $(x_0, y_0)$  до пересечения с

наклонной прямой  $y = x$  в точке  $(y_0, y_0)$ . Значение  $x$  в точке пересечения и является первой итерацией  $x_1 = y_0$ . Аналогично находятся последующие итерации. Итерационный процесс сходится к неподвижной точке, называемой устойчивой (устойчивый аттрактор).

Используя методы теории катастроф (см. [1, 2]), поясним качественно характер поведения рассматриваемой открытой лингвистической системы в зависимости от параметра системы  $m$  (соответствует числу поколений в сообществе). С этой целью исследуем график первой производной зависимости, показанной на рис. 1а, которая была получена при некотором уровне помех (минимальное значение отношения сигнала к шуму превышало 7), что точнее отражает реальную ситуацию. Функцию, показанную на рис. 3, можно рассматривать как некоторую по-

тенциальную функцию диссипативной системы, имеющую экстремумы (локальные и глобальные).

Для определения интервала значений функции, где модуль первой производной не превышает 1, можно провести горизонтальные линии +1 и -1. В этом интервале соблюдается условие устойчивости особой точки (точек), где  $|dI/dm| \leq 1$ .

Полученный на рис. 3 график первой производной соответствует приблизительно известному случаю бифуркации состояния равновесия («частица» в потенциальной яме с барьером или полочкой). В этом месте возможны два состояния равновесия системы: при  $m < 2$  и при  $m > 2$ , а между ними есть потенциальный барьер с некоторой высотой. Здесь можно применить понятие фазового перехода, при котором происходит качественное изменение рассматриваемой динамической системы.

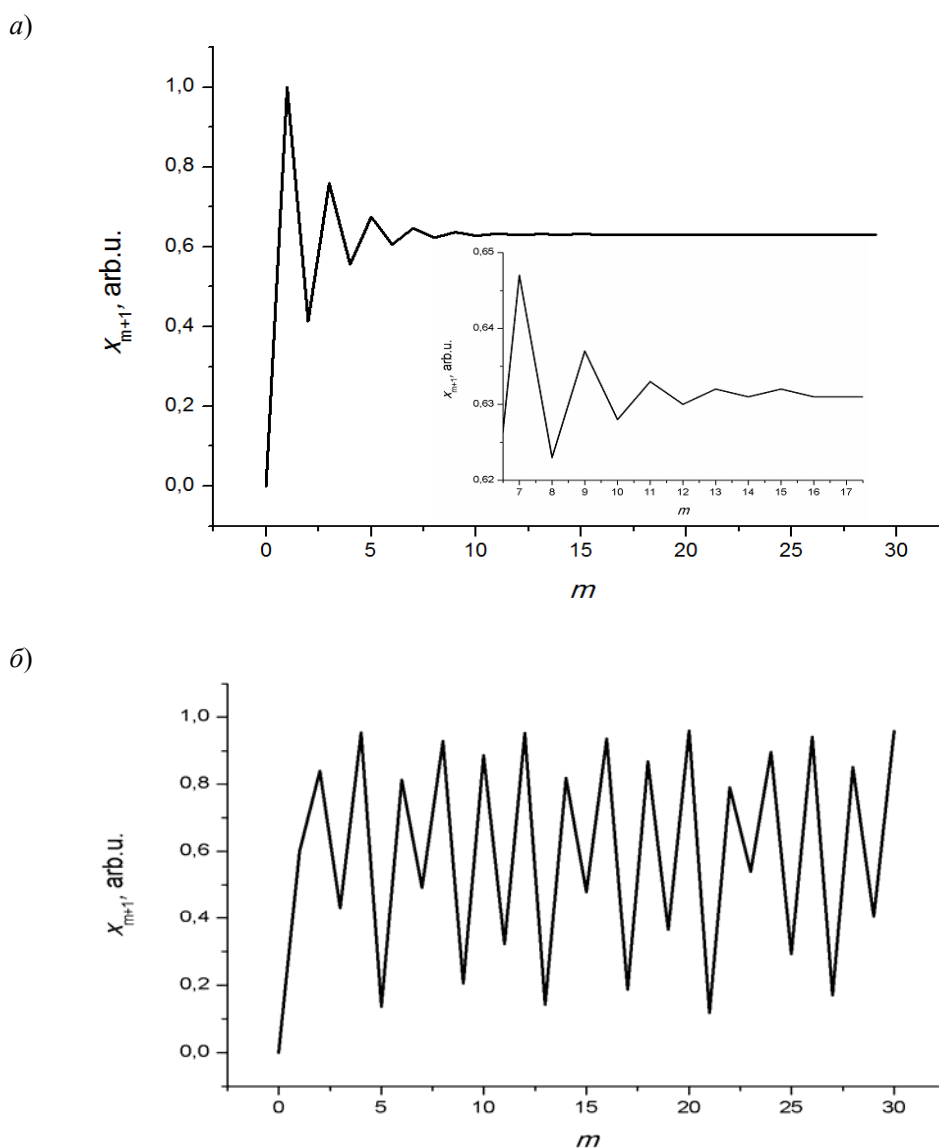
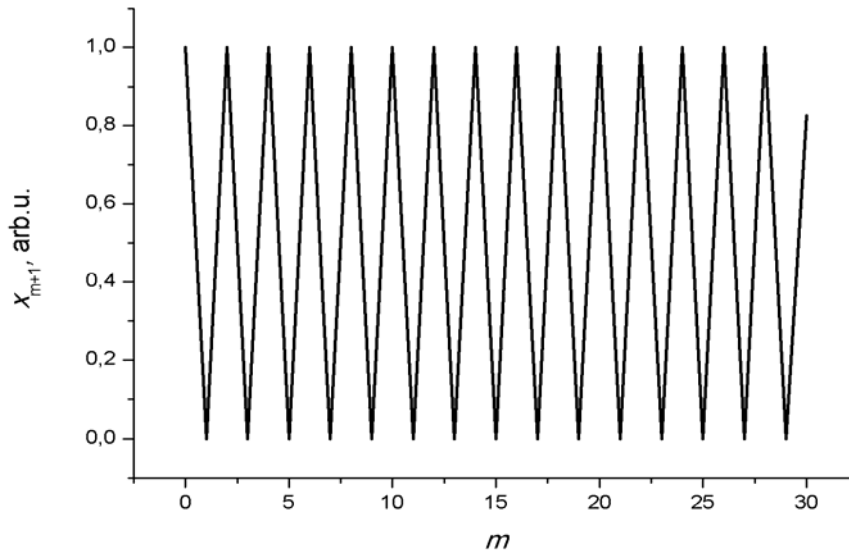


Рис. 1. Нормированный график зависимости функции  $x_{m+1} = \lambda_1 x_m (1 - x_m) + \lambda_2 x_m (1 - x_m)^2$  от  $m$ , характеризующий возникающие в системе циклы вида  $S^{2^p}$  при  $1 \ll p < +\infty$ .

a)



б)

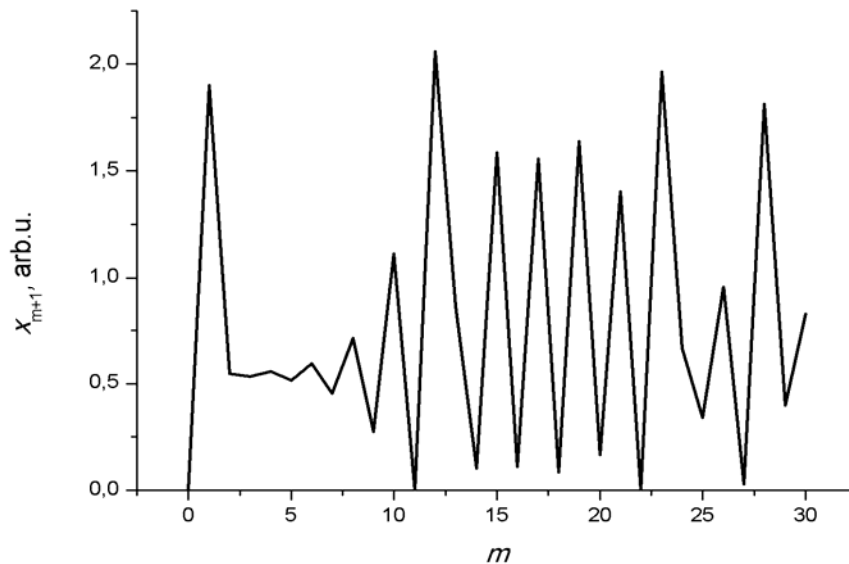


Рис. 2. Нормированный график зависимости функции  $x_{m+1} = \lambda_1 x_m (1 - x_m) + \lambda_2 x_m (1 - x_m)^2$  от  $m$ , характеризующий возникающие в системе циклы вида  $S^{2^p}$  при  $1 \ll p < +\infty$ .

Например, если система начинает движение из любой точки участка  $0 < m < 2$ , то итерации  $x_m$  сходятся к нормированному значению  $x_m^* \approx -0.26$  – устойчивая неподвижная точка. Аналогично, если система начинает движение из любой точки участка  $2 < m < 10$ , то итерированные значения  $x_m$  осциллируют примерно в окрестности 0 ( $x_m \rightarrow const$ ), т.е. динамический режим становится стационарным или имеет период, равный единице: возникает цикл  $S^1$ .

При изменении параметров в исследуемой задаче, например, начального значения  $x_0$ , коэффициентов  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$ , уровня помех в системе (в гипотетическом

пра-Китайском лингвистическом сообществе), график первой производной  $dl/dm$  меняет вид и может несколько отличаться от показанной на рис. 3 зависимости. Проведенные нами расчеты показали, что при вариации параметров в системе возможны также и другие циклы типа  $S^{2^p}$ , например,  $S^2$ .

Полученные результаты (см. рис. 3) позволяют высказать предположение, что около 5500-6000 лет назад в рассматриваемом языковом сообществе могли возникнуть две основные лингвистические популяции, характеризуемые сейчас как деление Сино-Тибетской группы языков на пра-Тибето-Бирманская и пра-Китайскую.

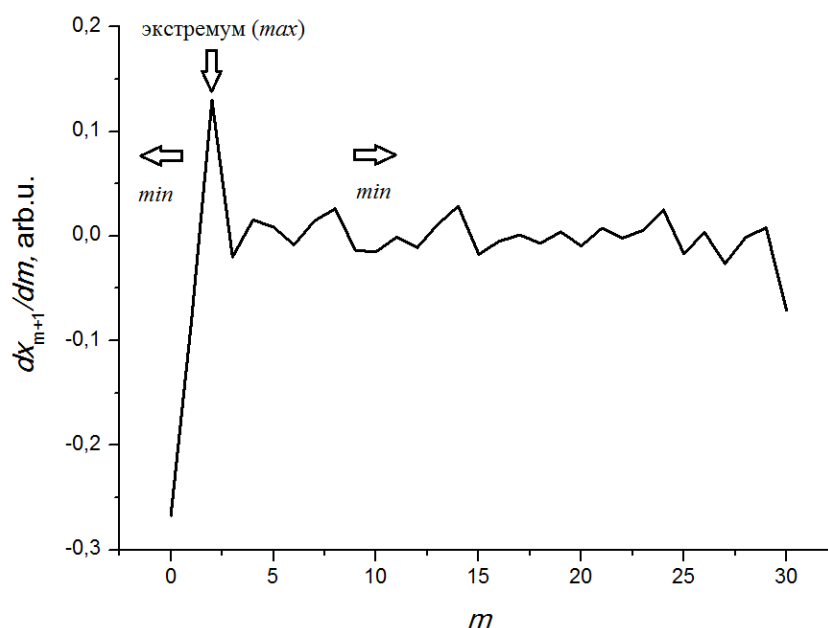


Рис. 3. График первой производной зависимости, приведенной на рис. 1 (а) (отношение сигнала к шуму больше 7); отмечены три экстремума: максимум в центре ( $m \approx 1$ ) и два минимума по краям от максимума (слева и справа).

Действительно, если две лингвистические популяции одновременно начинают движение (последовательность итераций с шагом в 500 лет) в окрестности «точки» (на самом деле это был, скорее всего, некоторый небольшой ареал совместного проживания в рамках пра-Сино-Тибетского сообщества) экстремума  $m \approx 2$  (см. рис. 3), одна слева от этого максимума, а другая справа от него, то они полностью расходятся примерно за 12-13 суммарных итераций (количество поколений в данном ансамбле лингвистических систем), что соответствует примерно 6000-6500 лет назад. Более детальный анализ этой проблемы выходит за рамки настоящей статьи.

### ОЦЕНКА ЧИСЛА ВОЗМОЖНЫХ БАЗОВЫХ «СИМВОЛОВ» ПРА-КИТАЙСКОЙ ПИСЬМЕННОСТИ

Посмотрим теперь, что можно сказать о числе возможных элементарных «символов» («знаков», «ключей» или «базовых единиц») гипотетической пра-Китайской письменности пра-китайцев на основании полученных нами сведений. Для этого используем данные численных расчетов возможного количества информации примерно на 6-8-й итерациях по  $m$  у графиков, приведенных на рис. 1а, т.е. приблизительно 3500 ± 500 лет назад.

Для оценки применим известную формулу для полной информации  $I_\Sigma$ , содержащейся в некотором сообщении [1, 2]:

$$I_\Sigma = n \log_2 \mathfrak{S}, \quad (3)$$

где  $n$  – общее число символов в сообщении (непрерывный сигнал заменен дискретной последовательностью отсчетов);  $\mathfrak{S}$  – число различных символов

письменности (в случае китайского языка это будет число ключей).

Для одного из полученных в численных расчетах значения  $I_\Sigma \approx 400$  бит (двоичные единицы) при некотором фиксированном заданном начальном значении информации в сообществе получаем ряд значений для  $\mathfrak{S} = 2^{I_\Sigma/n}$  при вариации параметра  $n$ :  $n = 35$ ,  $\mathfrak{S}_{35} \approx 2756$  символов;  $n = 40$ ,  $\mathfrak{S}_{40} \approx 1024$  символа;  $n = 45$ ,  $\mathfrak{S}_{45} \approx 474$  символа;  $n = 50$ ,  $\mathfrak{S}_{50} \approx 256$  символа;  $n = 60$ ,  $\mathfrak{S}_{60} = 102$  символа;  $n = 70$ ,  $\mathfrak{S}_{70} = 53$  символа;  $n = 80$ ,  $\mathfrak{S}_{80} = 32$  символа;  $n = 90$ ,  $\mathfrak{S}_{90} = 22$  символа;  $n = 100$ ,  $\mathfrak{S}_{100} = 16$  символов.

Скорее всего, разумная оценка  $\mathfrak{S}_n$  для пра-Китайской письменности должна быть ближе к диапазону:  $\mathfrak{S}_n \approx 500 - 1000$  символов. В связи с этим напомним, что согласно поздним текстам (*Shang oracle bone script*) иероглифические надписи уже развились во множество, в основном, не пиктографических знаков, включающих все основные типы китайских иероглифов, которые сейчас используются; их общее число составляет примерно 1460 знаков [18, 22]. Учитывая эти данные, приходим к выводу, что оценка числа  $\mathfrak{S}$  различных символов пра-Китайской письменности примерно в 500 – 2000 символов (ключей) вполне оправдана. Действительно, как следует из приведенных выше данных, число таких символов могло только уменьшаться в силу естественных причин (совершенствование техники письма, некоторая унификация и пр.).

Теперь подсчитаем примерное количество иероглифов для некоторых известных древнейших китайских текстов и образцов китайской письменности (XIV–XI вв. до н.э., письма на черепаших панци-

рях и костях, см. [23]). Получим, что в среднем они содержат около 18–22 иероглифов. Возьмем самый ранний примерный период их появления: около 3600 лет назад. Определим число возможных элементарных «символов» (ключей) письменности пра-Китайцев, написавших эти надписи. Для этого снова используем данные численных расчетов возможного количества информации примерно на 5-6-й итерациях по  $m$  у графиков, приведенных на рис. 1а. Получим некоторые оценки:  $I_{\Sigma} \approx 350 - 400$  бит,  $n = 18 - 22$ ,  $\mathfrak{S}_{18-22} \approx 6 \cdot 10^4 - 7 \cdot 10^5$  символов. В те времена на территории современного Китая численность населения колебалась от нескольких миллионов до нескольких десятков миллионов человек [16]. Учитывая географические особенности Китая, можно сделать вывод, что небольшое (по сравнению с нашим временем) по численности население, живущее на территориях с разными физико-географическими характеристиками (равнины, горы, леса, реки; особенности климата – от субтропического на юго-востоке до резко-континентального на северо-западе), в период от 4000 до 3000 лет назад было достаточно разобщено, жило в замкнутых лингвистических сообществах, что и могло привести к такому достаточно большому разнообразию символов (а также диалектов).

Для иллюстрации этих особенностей на рис. 4 приведена карта, изображающая современное распределение основных групп Сино-Тибетской языковой семьи, на которой отмечены: 1 – Китайский язык,

2 – Лоло-Бирманские языки, 3 – Тибетские языки, 4 – Каренские языки, 5 – другие. Понятно, что карта отражает предысторию образования и распространения указанных групп языков на этой территории, а, следовательно, отчасти характеризует сложные процессы этногенеза проживавших там народов.

В настоящее время Лоло-Бирманские языки распространены в Мьянме и КНР (Юньнань, юг Сычуани и запад Гуйчжоу), а также в Таиланде, Лаосе, Вьетнаме и Индии, общее число говорящих – около 42 млн человек; на Тибетских языках (группа Тибето-Бирманских языков (Сино-Тибетской языковой семьи)) говорят преимущественно тибетцы – это около 6 млн человек. Карены – группа народов на юге и юго-востоке Мьянмы (штаты Карен, Кая, Мон и Шан, административные области Иравади, Пегу и Танинтайи) и северо-западе Таиланда – говорят на Каренских языках, входящих в Тибето-Бирманскую подсемью. Общая численность около 6 млн человек.

Учитывая сделанные нами ранее оценки, определим теперь величину информации  $I_{\Sigma}$  для отрезка времени примерно 6000 лет назад и подсчитаем число возможных элементарных «символов» (ключей) письменности пра-Китайцев. Для этого снова используем данные численных расчетов возможного количества информации примерно между 0-й и 1-й итерациями по  $m$  у графиков, приведенных на рис. 1а. Имеем:  $I_{\Sigma} \approx 100 - 180$  бит,  $n = 20$ ,  $\mathfrak{S}_{20} \approx 32 - 500$ . При уменьшении  $n$  до 19,  $\mathfrak{S}$  возрастает примерно до 700 элементарных «символов».

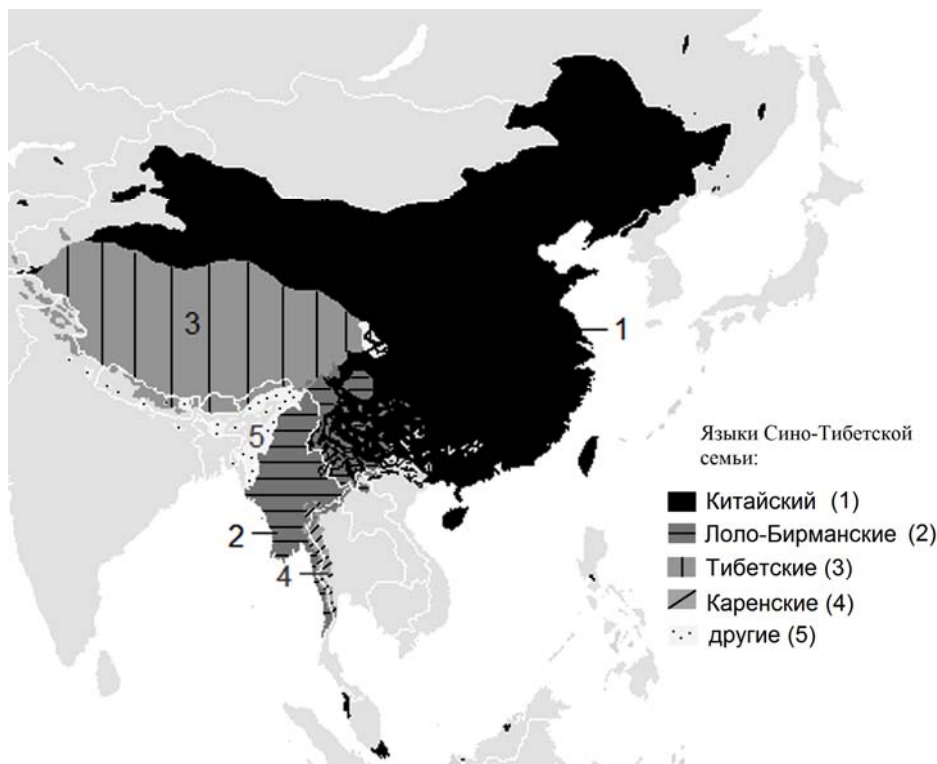


Рис. 4. Карта, иллюстрирующая распределение основных групп Сино-Тибетской языковой семьи на территории Юго-Восточной Азии [5].

## СРАВНЕНИЕ ИЕРОГЛИФОВ И КЛЮЧЕЙ ИЗ СМС-СООБЩЕНИЙ И ЦЗЯГУВЭНЬ (甲骨文)

Итак, мы получили вполне логичный результат. Действительно, на начальном этапе возникновения (зарождения) пра-Китайского языка (примерно 6500 лет назад) отсутствовало лингвистическое разнообразие китайских языков-диалектов, появившихся после разделения с Тибето-Бирманской ветвью. Скорее всего, это было небольшое лингвистическое сообщество (некоторое «ядро» формирования пра-Китайского языка), которое осуществило определенную инновацию в пра-Китайском языке, что и позволило развиваться этому языку как самостоятельному.

Для проверки выполненных нами расчетов возьмем современное типичное СМС-сообщение (см. *Приложение*) с примерным разумным числом китайских иероглифов – 25–37 (и ключей 30 – 37). Примем за основу расчеты для «ядра» пра-Китайского лингвистического сообщества (примерно 6500–6000 лет назад), получим для  $I_{\Sigma} \approx 190$  бит и  $n = 25$ , что современная китайская письменность должна содержать примерно 194 «основных символа». Аналогично для  $I_{\Sigma} \approx 190$  бит и  $n = 37$  – примерно 35 «основных символов», т. е. в среднем около 115 «основных символов» («базовых единиц» под которыми мы понимаем число основных ключей).

Сравним полученное число, например, с референтным числом основных черт и ключей китайских иероглифов. Наиболее распространённой является система из 214 стандартных ключей. Обычно их число берется в диапазоне примерно от 100 до 200. Как видно, полученная нами средняя оценка вполне

удовлетворяет стандартному набору ключей. При этом мы считали, что иероглифические надписи уже развились во множество, в основном, не пиктографических знаков, включающих все основные типы китайских иероглифов, которые сейчас используются, поэтому можно взять за основу данные за период примерно 3600 лет назад и распространить их (экстраполировать) на более ранние периоды. Исследования проблемы корректности такой экстраполяции с математической точки зрения выходят за пределы настоящей статьи.

Мы провели оригинальное сравнение некоторых типовых иероглифов и ключей из СМС-сообщений (см. *Приложение*) с иероглифами и ключами, изображенными на панцирях черепах [17, 18]. Для примера на рис. 5 приведена одна из характерных Цзягувэнь (甲骨文) – черепаший панцирь с нанесенными на него иероглифическими надписями, которые фиксируют результаты гаданий или предсказаний. Эти письма считаются древнейшими текстами и образцами китайской письменности, относятся к XIV–XI вв. до н.э., т. е. ко второй половине эпохи Шан.

Нами было выявлено около 10 «символов» (иероглифов и ключей), которые есть как в современных СМС-сообщениях, так и на черепаших панцирях, т.е. около 10% от типовой 100-символьной таблицы черт и ключей китайских иероглифов (как пример некоторой, пусть и условной, аналогии со 100-словным списком Сводеша). Так, на рис. 5 было выявлено восемь иероглифов и ключей (отмечены цифрами от 1 до 8 и указаны в *Приложении*). Эти данные являются определенным подтверждением обоснованности нашего подхода и произведенных нами расчетов.

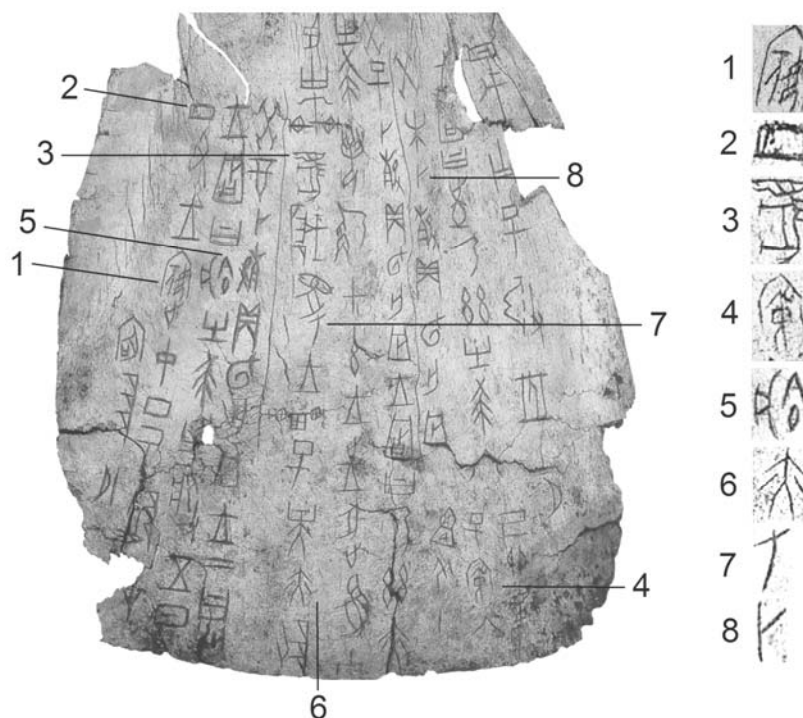


Рис. 5. Черепаший панцирь с иероглифическими надписями, фиксирующими результаты гаданий. Пример одной из Цзягувэнь (甲骨文). Восемь иероглифов и ключей (отмечены цифрами от 1 до 8; приведены в увеличенном масштабе на рис. 5 в столбце справа и даны в *Приложении*).



Учитывая, что модель динамическая, сделаем поправку на некоторое изменение коэффициентов  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$ , например, увеличим второй коэффициент  $\lambda_2$ , полагая, что в последние примерно 1000 лет скорость распространения информации среди «незнающих» постоянно возрастала. Как пример, приведем результаты при  $\lambda_1 \approx 1.5 - 2$  и  $\lambda_2 \approx 0.7 - 1.2$ , когда в лингвистической системе устанавливаются устойчивые циклы с периодом 1 ( $S^1$ ) или периодом 2, т.е. цикл  $S^2$ , у которого  $I_\Sigma$  колеблется в диапазоне от 200 до 900 бит, при этом цикл  $S^2$  устанавливается практически сразу на первой итерации.

Например, для цикла  $S^2$  ( $\lambda_1 \approx 2$ ,  $\lambda_2 \approx 0.9$ ) для  $I_\Sigma \approx 250$  бит и  $n = 37$  получаем, что современная китайская письменность должна содержать примерно 108 «основных символов». Аналогично для  $I_\Sigma \approx 800$  бит и  $n = 90$  – современный «китайский алфавит» должен содержать примерно 474 «основных символа».

Учитывая все пять результатов по оценке числа возможных ключей древнекитайской письменности, получим в среднем:  $(115 + 108 + 474) / 5 \approx 139$  «основных символов», данная оценка отличается от референтной (214) примерно в полтора раза. При этом для первой оценки (194 «основных символа», т.е. ключа) это отличие уменьшается до 1,1 раза, т.е. до 10%. Учитывая ограниченную точность модельных расчетов, полагаем, что полученные нами оценки можно считать вполне удовлетворительными. Наши результаты позволяют говорить о перспективности исследования таких древнейших образцов искусства, культуры и науки, как Цзягувэнь.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нами был проведен анализ распространения языковой информации в пра-Китайском лингвистическом сообществе. Приведены основные результаты компьютерного моделирования. Кратко проанализирована тенденция, берущая начало еще в древности и развивающаяся с различной интенсивностью в зависимости от исторических эпох, на подавление диалектов и сведение устного лингвистического разнообразия к единой унифицированной норме, что вылилось в создание в середине XX в. общегосударственного языка путунхуа (Pǔtōnghuà / 普通话). Отмечено, что окончательная языковая унификация может быть достигнута не ранее 3500 г.

Впервые получена оценка числа возможных элементарных «символов» («знаков», «ключей» или «базовых единиц») гипотетической пра-Китайской письменности: 500 – 1000 символов. Под базовыми единицами мы понимаем количество основных ключей. Для проверки наших расчетов были рассмотрены современные типичные СМС-сообщения и проведено оригинальное сравнение типовых иероглифов и ключей из этих сообщений с иероглифами и ключами на панцирях черепах (Цзягувэнь / Jiǎgǔwén / 甲骨文; XIV–XI вв. до н.э.). В итоге обнаружены совпадающие иероглифы и ключи, что свидетельствует об

обоснованности нашего подхода и справедливости сделанных расчетов. Полученные оценки числа основных ключей китайской письменности неплохо соответствуют общепринятым в научной литературе. Заметим, что подобное сравнение особенно актуально в свете все более широко используемых современных инструментов общения (Интернет, социальные сети), где целые фразы и отдельные выражения стали активно заменяться картинками и различными символами, похожими на иероглифические надписи Цзягувэнь. Из этого можно сделать вывод об определенном ренессансе Цзягувэнь в современных технологиях.

Исследование проблемы корректности задач рассеяния при распространении информации в пра-Китайских сообществах выходит за рамки настоящей работы. Однако следует отметить, что доказательство существования и единственности решения подобных задач при точных входных данных может быть получено в классе аналитических функций.

Также необходимо подчеркнуть, что развитый в настоящей статье метод исследования особенно перспективен, в первую очередь, для качественного анализа поведения подобных социально-лингвистических систем – наши численные результаты необходимо рассматривать именно как оценку, учитывая при этом, что они хорошо коррелируют с данными, содержащимися в научной литературе.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Егорова М.А., Егоров А.А. Прародина народов носителей праиндоевропейского языка: математические модели для исследования лингвистической информации // Научно-техническая информация. Сер.2. – 2019. – № 5.– С. 10–21; Egorova M.A., Egorov A.A. The ancestral homeland of the carriers of the proto-Indo-European language: mathematical models for the study of linguistic information // Automatic Documentation and Mathematical Linguistics. – 2019. – Vol. 53, №3. – P. 127–137.
2. Egorova M., Egorov A., Solovieva T., Stezhenskaya L. On two models of distribution and changes of linguistic information in Indo-European model language communities // Proceedings of the 4th International Multidisciplinary Scientific Conference on Social Sciences and Arts SGEM'2017, March 28–31, 2017, Extended Scientific Sessions, Vienna, Sofia, 2017. – Book 3, Vol. 1. – P. 155–168.
3. Chang W., Cathcart C., Hall D., Garrett A. Ancestry-constrained phylogenetic analysis supports the Indo-European steppe hypothesis // Language. – 2015. – Vol. 91, № 1. – P. 194–244.
4. Pereltsvaig A. Lewis M.W. The Indo-European Controversy: Facts and Fallacies in Historical Linguistics. – Cambridge: Cambridge University Press, 2015.
5. Egorova M., Egorov A., Solovieva T. Mathematical models of the distribution and change of linguistic information in language communities: a case of proto-Indo-European and proto-Chinese language communities // EPJ WoC. – 2019. – Vol. 224. – 06009.

6. Журина М.А. Типологическая классификация языков // Лингвистический энциклопедический словарь / Гл. ред. Ярцева В.Н. – М.: Советская энциклопедия, 1990. – С. 511–512.
7. Атлас языков мира. Происхождение и развитие языков во всем мире. – М.: Лик пресс, 1998.
8. Атлас языков мира, Юань Цзя-хуа. Диалекты китайского языка / пер. с китайского Котова А.В.; отв. ред. Софронов М.В. – М.: Наука, 1965.
9. Яхонтов С.Е. Древне-Китайский язык. – М.: Наука, 1965.
10. Васильев Л.С. Происхождение древнекитайской цивилизации // Вопросы истории. – 1974. – № 12. – С. 86–102.
11. Chinese languages. Encyclopædia Britannica. – URL: <https://www.britannica.com/topic/Chinese-languages>.
12. The Peopling of East Asia: Putting Together Archaeology, Linguistics and Genetics / eds. R. Blench, L. Sagart, A. Sanchez-Mazas – London: Routledge Curzon, 2005.
13. Старостин С.А. Сравнительно-историческое языкознание и лексикостатистика // Лингвистическая реконструкция и древнейшая история Востока. – М.: Наука, 1989. – С. 3-39.
14. Ulenbrook J. Einige Übereinstimmungen zwischen dem Chinesischen und dem Indogermanischen. (Vorläufiger Bericht) // Anthropos. – 1967. – Vol. 62, Nos. 3–4. – P. 533-551.
15. Егорова М.А. Политика Китая в области распространения государственного языка путунхуа // Языковая политика в условиях глобализации / под ред. Г.О. Лукьяновой. – М.: РУДН, 2017. – С. 44–84.
16. Нефедов С.А. Концепция демографических циклов. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007.
17. Oracle bone script. – URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Oracle\\_bone\\_script](https://en.wikipedia.org/wiki/Oracle_bone_script)
18. Request for comment on encoding Oracle Bone Script, L2/15-280. Working Group Document, ISO/IEC JTC1/SC2/WG2 and UTC. 2015-10-21. Retrieved 2016-01-23. – URL: <https://www.unicode.org/L2/L2015/15280-n4687-oracle-bone.pdf>.
19. Appendix: Sino-Tibetan Swadesh lists. – URL: [https://en.wiktionary.org/wiki/Appendix:Sino-Tibetan\\_Swadesh\\_lists](https://en.wiktionary.org/wiki/Appendix:Sino-Tibetan_Swadesh_lists).
20. Shafer R. Classification of the Sino-Tibetan Languages // Word. – 1955. – Vol. 11, № 1. – P. 94–111.
21. Law of the People's Republic of China on the Standard Spoken and Written Chinese Language (Order of the President №37). – URL: [http://www.gov.cn/english/laws/2005-09/19/content\\_64906.htm](http://www.gov.cn/english/laws/2005-09/19/content_64906.htm)
22. Xueqin L. The Xia-Shang-Zhou Chronology Project: Methodology and Results // J. of East Asian Archaeology. – 2002. – Vol. 4. – P. 321–333.
23. Keightley D.N. Sources of Shang History: The Oracle-Bone Inscriptions of Bronze Age China. – London: University of California Press, Berkeley, 1978.

Рассмотрим три достаточно типичных для современного китайского языка СМС-сообщения. В них отмечены иероглифы похожие на иероглифические знаки, отмеченные соответствующими цифрами на изображении панциря черепахи с рис. 5.

1. 你好！你好吗？在哪儿？什么时候回家？

今天晚上一起去吃饭吧。你有没有空儿？

Привет! Как дела? Ты где? Когда вернешься домой? Давай сегодня вечером поужинаем вместе? У тебя будет свободное время?

你 – 3

好 – 2 (иероглиф 女 «женщина» на изображении панциря черепахи с рис. 5 (здесь и далее) под номером (1))

吗 – 1 (часть от этого иероглифа, ключ «рот» (может совпадать с ключом «ограда») □ под номером (2),

вторая часть ключ и иероглиф «лошадь» 马 под номером (3))

在 – 1

哪 – 1

儿 – 2

什么 – 1

时候 – 1

回 – 1

家 – 1 (иероглиф «дом, семья» под номером (4))

今天 – 1 (иероглиф 今 «сегодня» под номером (5));

иероглиф 天 «день, небо» под номером (6))

晚上 – 1

一起 – 1

去 – 1

吃饭 – 1

吧 – 1

有 – 2 (иероглиф «иметь» под номером (7))

没 – 1

空 – 1

СМС содержит: иероглифов – 25, ключей примерно – 35.

2.

你好！今天好不好？在做什么呢？忙不忙？我现在在家休息呢。我们晚上一起出去玩儿吧怎么样？

Привет! Как ты сегодня? Что делаешь? Занят? Я сейчас отдыхаю дома. Давай вечером пойдём куда-нибудь развлечётся. Как тебе?

你 – 1  
好 – 3 (иероглиф 女 «женщина» под номером (1))  
今天 – 1 (иероглиф 今 «сегодня, нынешний» под номером (5); иероглиф 天 «день, небо» под номером (6))  
不 – 2  
在 – 2  
做 – 1  
什么 – 1  
呢 – 2 (часть от этого иероглифа, ключ «рот» □ под номером (2))  
忙 – 2  
我 – 1  
我们 – 1  
现在 – 1  
家 – 1 (иероглиф «дом, семья» под номером (4))  
休息 – 1  
晚上 – 1  
起 – 1  
出去 – 1  
玩儿 – 1  
吧 – 1 (часть от этого иероглифа, ключ «рот» □ под номером (2))  
怎么样 – 1

СМС содержит: иероглифов – 27, ключей примерно – 36 (с учетом вариантов сердца – 3).

3. 你好！今天天气很好，不会有风、不会有雨。

可以到外面玩儿。我下班去找你。

我大概六点下班吧。你可以在公司等我接你。

Привет! Сегодня хорошая погода, не будет ни ветра, ни дождя. Можно пойти на улицу погулять. После работы я заеду (зайду) за тобой. Я заканчиваю работу примерно в 6 часов. Ты можешь подождать меня на работе, я тебя заберу.

你 – 4  
好 – 2 (иероглиф 女 «женщина» под номером (1))  
今 – 1 (иероглиф 今 «сегодня» под номером (5))  
天 – 2 (иероглиф 天 «день, небо» под номером (6))  
气 – 1  
很 – 1  
不 – 2  
会 – 2  
有 – 2 (иероглиф «иметь» под номером (7))

风 – 1  
雨 – 1  
可 – 2  
以 – 2  
到 – 1  
外 – 1 (иероглиф «внешний, чужой» под номером (8))  
面 – 1  
玩 – 1  
儿 – 1  
我 – 3  
下 – 2  
班 – 2  
去 – 1  
找 – 1  
大 – 1  
概 – 1  
六 – 1  
点 – 1  
吧 – 1 (часть от этого иероглифа, ключ «рот» □ 2 (2))  
在 – 1  
公 – 1  
司 – 1  
等 – 1  
接 – 1

СМС содержит: иероглифов – 33, ключей примерно – 37.

*Материал поступил в редакцию 27.01.2020*

#### Сведения об авторах

**ЕГОРОВА Майя Александровна** – кандидат политических наук, доцент кафедры иностранных языков факультета гуманитарных и социальных наук Российского университета дружбы народов (РУДН), Москва.  
E-mail: Mey1@list.ru

**ЕГОРОВ Александр Алексеевич** – доктор физико-математических наук, внештатный профессор-консультант, РУДН.  
E-mail: alexandr\_egorov@mail.ru

**СОЛОВЬЕВА Татьяна Михайловна** – кандидат исторических наук, доцент кафедры иностранных языков факультета гуманитарных и социальных наук РУДН.

***ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ!***

**ИЗДАНИЕ УДК**

**УНИВЕРСАЛЬНАЯ ДЕСЯТИЧНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ**  
**АЛФАВИТНО-ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ**  
**в 2-х томах**

Алфавитно-предметный указатель (АПУ) к 4-му полному изданию УДК на русском языке:

Том I содержит АПУ от буквы А до Н;

Том II содержит АПУ от буквы М до Я и указатель латинских наименований к классам УДК 56 Палеонтология, 57 Биологические науки, 58 Ботаника, 49 Зоология, 61 Медицинские науки.

АПУ содержит около 100 000 понятий, представленных в полных таблицах УДК.

При его составлении были учтены изменения, опубликованные в Выпусках № 1 – 6 «Изменения и дополнения к УДК»

Для подписки необходимо направить заявку для оформления счета по адресу:

*125190, Россия, Москва, ул. Усиевича, 20, ВИНТИ РАН*

**Телефоны:** 499 155-42-85, 499 151-78-61

**E-mail:** feo@viniti.ru

<http://www.udcc.ru>