

## ПОСЛЕСЛОВИЕ

к 19-му заседанию

совместного семинара ИПИ РАН и ИНИОН РАН

«Методологические проблемы наук об информации»

(5 июня 2014 г.)

**Коротенков Юрий Григорьевич, кандидат физико-математических наук, доцент, старший научный сотрудник Лаборатории дидактики информатики Института содержания и методов обучения РАО.**

Очень полезно было и прочитать, и послушать доклад Марины Александровны Каменской о восприятии информации биологом. Оно отличается от взгляда профессионала в области информатики. Кроме того, речь идёт о живой природе, об информации в живых организмах – области, в которой докладчик хорошо ориентируется. Автор данного послесловия воспринимает мир более абстрактно, поэтому делает попытку перевести на формализованный язык, язык *информациологии*, биологическое «восприятие и распознавание» информации как объекта и понятия.

Во-первых, речь идёт о *естественной информации* – не абстрактной и не обязательно «интеллектуальной» (продукте мышления). Здесь информация – естественный отклик живого организма на воздействие явлений окружающего мира. Восприятие и распознавание информации (сигнала) живым организмом – это его первая реакция на явления природы и основание для второй реакции – соответствующего действия.

Во-вторых, строение и организация этой «живой» информации совсем иные, чем у искусственной информации человека (в докладе она названа

логической информацией). У последней абстрактны и форма, и содержание. Здесь же форма может быть *материальной*.

В соответствии с приводимым М.А. Каменской определением А.И. Чёрного («Информация – это сигналы, воспринятые и распознанные любой живой системой»), сигнал – это *форма*, выражаемая в «данных». Результат восприятия и распознавания – это *содержание*. Из доклада следует, что сигнал – это электрический или химический разряд в живом организме, передаваемый его нервной системе: «В естественных условиях организма по нервным волокнам следуют не одиночные импульсы, а их последовательности (ритмические серии, разряды). Это “сигналы”». То есть, сигнал материален и оказывает прямое воздействие на нервную систему, которое воспринимается и распознается на уровне неких рецепторов в качестве содержания. Следовательно, сигнал можно понимать как *отношение* между внешним «стимулом», неким центром восприятия и распознавания, а также нервной системой (или другим проводником стимулов) живого организма.

Содержание информации, порождаемой стимулом, имеет определённую организацию (синтаксис), семантику и прагматику:

- семантика – отношение сигнала к соответствующим рецепторам, рефлексам, инстинктам живого организма (здесь она конкретна);
- прагматика – побуждение к действию на основании этой семантики.

Таким образом, определение информации в живом организме соответствует определению и описанию информации, в том числе естественной информации в книге автора данного послесловия<sup>1</sup>. Правда, затем из текста доклада выясняется, что существует и другая информация живого организма – например, генетическая. Но она не менее естественна,

---

<sup>1</sup> Коротенков Ю.Г. Философия знаний и информационного мира. Монография. – Saarbrücken, Германия: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 229 с.

чем сигнальная и также имеет материальное выражение. Сигнальная же информация относится, по-видимому, к *поведенческой*.

Автор доклада приводит следующее определение жизни: «Жизнь – это высокоустойчивое состояние вещества, использующее для выработки сохраняющих реакций информацию, кодируемую состояниями отдельных молекул». Но на основании понятия информации, свойственной только живым организмам, можно дать и такое определение: «*Жизнь – это способность к мотивированной обратной связи (реакции на основании индивидуального целеполагания) на уровне сигналов, их восприятия и распознавания по отношению к внешним раздражителям (стимулам)*». Неважно, на каком уровне производится «целеполагание» – возможно, оно заложено в живой организм генетически.

В этом плане к живым организмам, воспринимающим и содержащим информацию, принадлежат *растения*. Более того, к живым организмам следует, видимо, отнести Землю и Природу, поскольку именно они дают жизнь всему живому (животному и растительному миру) и способны к мотивированной обратной связи на внешние раздражители на основании своих закономерностей. Они не только сами стремятся к *равновесию*, но и побуждают к нему всё живое, которое, несмотря на своё субъективное сопротивление этому, вынуждено подчиняться, чтобы выжить. Хотя на самом деле равновесие недостижимо ни для одних, ни для других. Мир слишком велик и сложен, чтобы быть равновесным.

Из доклада следует, что у живого организма имеются *статистические и динамические характеристики*. С одной стороны, это «1) питание; 2) дыхание; 3) раздражимость; 4) подвижность; 5) выделение конечных продуктов обмена веществ; 6) размножение; 7) рост», с другой – свойства, «которые проявляются, во-первых, в механических и химических процессах /.../; во-вторых, в способности размножения; в-третьих, в способности к сигнальной коммуникации». Это тоже соответствует содержанию моей книги

«Философия знаний и информационного мира» и является примером того, как люди с разных сторон приходят к аналогичным результатам.

По М.А. Каменской, живой организм – это открытая многоуровневая, развивающаяся целостная информационная система: «Полное познание объекта означает его введение в необходимое и достаточное количество уровней системности». То есть, организм – это *метасистема*, объединение множества иерархических систем. Очевидно, что элементарной «живой» системой является *клетка*, обладающая многими статистическими и динамическими свойствами живого организма, способная к реакции на воздействие, к размножению и т.д. Если это так, то живой организм обладает гораздо большей информацией, чем указано в докладе. Каждая клетка, каждый орган организма несут в себе информацию, которая образует иерархические последовательности информационных систем.

Обратимся далее к вопросу, материальна или идеальна информация. *Информационная система – это система, несущая в себе информацию.* Даже система искусственной информации является материализованной. Система естественной информации имеет материальную основу и неотделима от материи – *она не может существовать в свободной форме.* В свою очередь, любая материя содержит в себе информацию, составляющую с ней единое неразрывное целое. Это отношения и связи элементов, компонентов системы; свойства, закономерности, составляющие её *содержание* и представимые в качестве статистических и динамических характеристик. Материя здесь – не носитель информации, существующий сам по себе. Это её *материальная форма.*

Сказанное в особенности относится к живым системам. Очевидно, М.А. Каменская тоже придерживается сходной точки зрения, указывая на «неотчуждаемость биологической информации от её носителя, живой системы». По крайней мере, здесь не обнаруживается противоречий. Получается, что идеальны лишь идея, знание и другая информация человека,

семантика информации. Этим фактически разрешается (снимается) известная проблема монизма или дуализма духа и материи.

Не очень понятно встречающееся в тексте доклада выражение, что «информацией называется «совокупность приемов, правил или сведений, необходимых для построения оператора». Возможно, имеется в виду *генетическая* информация. Иначе получается замкнутый круг, где циркулирует нечто одно и то же, именуемое информацией.

Не совсем могу согласиться с высказыванием: «Для логической информации в роли операторов выступают технологии». В частности, системы искусственного интеллекта могут быть «операторами». Но в первую очередь «оператор» – это человек, основной хранитель и источник знаний.

На формально-содержательном уровне (языке математики и информатики) *кодированием* называется обратимое преобразование. Это устоявшийся термин, который не стоит произвольно изменять. Если преобразование необратимо, то это не кодирование. Есть другие хорошие термины – преобразование, *представление*. В век межпредметной и междисциплинарной связи научная терминология должна становиться по возможности универсальной.

Но все замечания несколько не умаляют достоинств доклада, за который хочется сказать большое спасибо!

*Материал поступил 7 июля 2014 года.*

**Седякин Владимир Павлович, кандидат технических наук, профессор кафедры «Прикладная информатика» Московского государственного университета геодезии и картографии.**

Вновь и вновь хочу выразить свою признательность организаторам и руководителям семинара К.К. Колину и Ю.Ю. Чёрному. Последний семинар «весенней сессии» был посвящён обсуждению очень важного и интересного доклада доктора биологических наук, заведующей отделом ВИНТИ РАН

Марины Александровны Каменской. И дело здесь не только в заслугах, титулах и учёных степенях уважаемой Марины Александровны, но и в том, что в докладе рассматривается недавний полученный ею результат – рассмотрение понимания информации в биологии как метафоры её исходного понимания как «сведений».

Насколько мне известно, в статье «Понятие “информация” в контексте молекулярно-клеточной биологии»<sup>2</sup> М.А. Каменская впервые в отечественной научной литературе как биолог-профессионал и одновременно как специалист в информационной науке проанализировала метафорический характер употребления термина «информация» в современной биологии. В докладе проблемы, поставленные в статье, рассмотрены значительно шире. Например, подробно проанализированы труды В.И. Корогодина, в которых он ввёл иерархию информации в мире живого: генетическая информация – поведенческая информация – логическая информация.

В настоящее время, когда на семинаре стали обсуждаться сложнейшие и глубокие методологические проблемы информационных наук, рассмотрение иерархических и других отношений между разными пониманиями информации приобретает особое значение. По всей видимости, в мире не существует «информационного континуума»: множества разных видов информации в живой и косной природе разделены между собой. Иерархия биологических видов информации по В.И. Корогодину подтверждает эту догадку. Переход от поведенческой информации к генетической опосредуется через сложные эпигенетические механизмы, а переход от поведенческой информации к логической связан в том числе со сложными биохимическими механизмами. В докладе и ответах на вопросы М.А. Каменская указала на эти механизмы.

---

<sup>2</sup> Каменская М.А. Понятие «информация» в контексте молекулярно-клеточной биологии // Научно-техническая информация. Сер. 1. Информационные процессы и системы. – М., 2012. - № 11. – С. 4-17.

В кратком послесловии невозможно, да, наверное, и не нужно вдаваться в подробный анализ достижений Марины Александровны. Вновь подчеркну особое значение её доклада и статьи, как первых и наиболее значимых результатов для изучения механизмов порождения метафорических пониманий информации. Говоря словами В.Н. Волковой, хочу выразить свой «восторг» упомянутыми работами Марины Александровны и самой её личностью, в которой удивительно сочетаются интеллектуальная мощь крупного учёного и очаровательная непосредственность милой и хрупкой женщины!

*Материал поступил 17 июля 2014 года.*

**Волкова Виолетта Николаевна, доктор экономических наук, профессор кафедры «Системный анализ и управление» Института информационных технологий и управления Санкт-Петербургского государственного политехнического университета.**

**Восторги по поводу доклада Марины Александровны Каменской.**

Моё впечатление о докладе Марины Александровны содержится в названии послесловия. Оказалось, что исследования особенностей и свойств биологических систем можно выразить на языке известных закономерностей теории систем. Приведу несколько примеров.

1. *М.А. Каменская:* «Для современных естественных наук характерен аналитический (микроскопический) подход: разлагая систему на части, мы пытаемся понять свойства системы как целого. Аналитический подход опирается на понятие сводимости или, в предельном случае, на редукционизм. Однако чем больше нам приходится иметь дело со сложными системами, тем яснее мы осознаём ограничения редукционизма. Сумев разложить живую систему на элементы, подчиняющиеся законам физики и химии, мы рискуем потерять свойства этой системы в качестве живого организма. При переходе с микроскопического уровня на макроскопический

(холистический подход) перед нами открываются многие новые свойства системы, отсутствовавшие на аналитическом уровне».

**Теория систем и системный анализ.** Закономерность *целостности* (*эмерджентность*) проявляется в системе в появлении (англ. to emerge – появляться) у неё новых свойств, отсутствующих у элементов (Л. Бергаланфи).

При этом:

1) свойства системы (целого)  $Q_s$  не является простой суммой свойств составляющих ее элементов (частей)  $q_i$ :

$$Q_s \neq \sum_{i=1}^n q_i ; \quad (1)$$

2) свойства системы (целого) зависят от свойств составляющих её элементов (частей):

$$Q_s = f(q_i). \quad (2)$$

3) объединённые в систему элементы утрачивают часть своих свойств, присущих им вне системы, т.е. система как бы подавляет ряд свойств элементов. Но, с другой стороны, элементы, попав в систему, могут приобрести новые свойства.

Если  $a_i \in S \Rightarrow q_i \downarrow \quad q_i' \uparrow$

2. **М.А. Каменская:** «Живая система – система *открытая*. Она далека от состояния термодинамического равновесия, её существование поддерживается благодаря постоянному притоку энергии и информации. Автор фундаментального труда «Теоретическая биология» Эрвин Бауэр сформулировал принцип устойчивого неравновесия: «Все и только живые



системы никогда не бывают в равновесии и исполняют за счёт своей свободной энергии постоянно работу против равновесия, требуемого законами физики и химии при существующих внешних условиях». Основные свойства живых организмов Бауэр выводит именно из этого принципа: *обмен веществ и ассимиляция, раздражимость, способность к размножению (деление клеток), рост, старение*».

**Теория систем и системный анализ.** *Принципиальная неравновесность.* При исследовании отличий живых, развивающихся объектов от неживых биолог Эрвин Бауэр высказал гипотезу о том, что живое принципиально находится в неустойчивом, неравновесном состоянии, и более того – использует свою энергию для поддержания себя в неравновесном состоянии (которое и является собственно жизнью). Эта гипотеза находит все большее подтверждение в современных исследованиях. При этом возникают проблемы *сохранения устойчивости системы*.

3. **М.А. Каменская:** «Живая система *поликонтекстна*. Значение знаков, которыми оперируют организмы, могут быть денотированы по-разному в различных контекстах целого организма или его отдельных частей. Контекстом является совокупность условий среды и актуального состояния системы в трёхмерном пространстве и времени».

**Теория систем и системный анализ.** *Неоднозначность использования понятий.* В теории систем эта особенность проявляется в закономерностях коммуникативности («Двуликий Янус») и иерархической упорядоченности. Каждый уровень иерархии ведёт себя как система (цель) по отношению к нижележащим компонентам и, с другой стороны – как средство (подцель) по отношению к вышестоящему уровню.

4. **М.А. Каменская:** «Деятельность биологической системы характеризуется *целеполаганием* (целеобразованием, целенаправленностью).

Термин появился во второй половине XX в. применительно к системам, в которых цели не задаются *извне*, а формируются *внутри* системы. «Можно сказать, что неживая природа превратилась в живую в тот самый момент, когда в ней появилось “желание” или возникла “цель жизни”»<sup>3</sup>».

***Теория систем и системный анализ. Способность и стремление к целеобразованию.*** В отличие от закрытых (технических) систем, которым цели задаются извне, в системах с активными элементами цели формируются внутри системы (впервые эта особенность применительно к экономическим системам была сформулирована Ю.И. Черняком). Целеобразование – основа негэнтропийных процессов в социально-экономических системах. А негэнтропийные тенденции – основа развития системы.

**5. М.А. Каменская:** «Живая система *самонастраивается*, её деятельность автоматически адаптируется к ситуации».

***Теория систем и системный анализ. Адаптивность.*** Способность адаптироваться к изменяющимся условиям среды и помехам. Это свойство, казалось бы, является весьма полезным. Однако адаптивность может проявляться не только по отношению к помехам, но и по отношению к управляющим воздействиям, что весьма затрудняет управление системой (Я.З. Цыпкин). Существует адаптационный максимум (М.Б. Игнатъев).

**6. М.А. Каменская:** «Живая система способна к *распознаванию*».

***Теория систем и системный анализ. Распознавание образов.*** Существуют исследования механизмов распознавания образов (М.М. Бонгард) и др.

---

<sup>3</sup> Хакен Г. Информация и самоорганизация: Макроскопический подход к сложным системам. – М., Мир, 1991. – 240 с.

7. *М.А. Каменская*: «Живая система способна к *научению* (которое основано на памяти). Организм выбирает действия, адекватные конкретным ситуациям, в также производит обобщение, т.е. распознает такие состояния, при которых он должен действовать по аналогии».

***Теория систем и системный анализ.*** Принятие решения по аналогии.

Помимо перечисленных параллелей, в докладе М.А. Каменской содержится ряд принципиально новых для современной теории систем положений, которые могут инициировать новые направления её развития.

Одно из наиболее значимых: «Для жизнедеятельности сформировавшегося организма необходим *аутомониторинг* – отслеживание собственного состояния, сопоставление с некоторым прообразом «правильного состояния» и внесение коррективов через посредство встроенной системы саморегуляции (сопротивление хаосогенным воздействиям). Такая возможность обеспечивается благодаря включению каждой структурной единицы в несколько подсистем, так что структурная единица может наблюдать себя “со стороны”».

В классификации систем по уровням сложности, предложенной К. Боулдингом, в качестве основного отличительного признака класса систем, начиная с уровня развития типа «Человек», вводится признак «*наличие самосознания*».

Однако этот признак только постулируется. До сих пор не исследованы механизмы его появления, что было бы значимо для систем организационного управления. Сегодня для их понимания и исследования механизмов их функционирования, устойчивости и т.п. применяют методы моделирования теории автоматического управления. Это «опускает» их на уровень неживых систем (по образному выражению М.Б. Игнатьева – «модели трупа»). Некоторой формой реализации самосознания можно

считать исследования в области прогнозирования и перспективного планирования. Однако в большинстве организационных систем в настоящее время такие работы проводятся эпизодически. До сих пор не реализованы идеи Р. Акоффа о непрерывном прогнозировании и планировании, идеи разработки прогнозов (на 20 лет), основных направлений развития страны, отраслей, организаций (на 10-15 лет), пятилетних планов, текущих планов – годовых, квартальных и т.п. и их взаимоувязки, разработка и реализация которых начиналась в период косыгинских реформ.

Для развития моделирования идеи самосознания весьма перспективной представляется высказанная в докладе М.А. Каменской идея формирования структур, в которых возможность моделирования самосознания обеспечивается благодаря включению каждой структурной единицы в несколько подсистем.

Из других положений доклада, значимых для развития теории систем, отмечу следующие: «Учебники биологии перечисляют основные признаки Живого, отличающие его от неживой материи, именно на макроскопическом, феноменологическом уровне, подразумевающим описание на уровне организмов, систем (а не “вещества”). Эти семь признаков, выраженные в той или иной степени у любого организма (или его частей), таковы: 1) *питание*; 2) *дыхание*; 3) *раздражимость*; 4) *подвижность*; 5) *выделение конечных продуктов обмена веществ*; 6) *размножение*; 7) *рост*. По ним можно судить о том, жив организм или мёртв. Однако все эти признаки – только лишь поддающиеся наблюдению проявления *главного свойства* живой материи (организмов), т.е. её способности извлекать, превращать, использовать энергию извне и даже увеличивать свои энергетические запасы».

Названные семь признаков и свойство живой материи частично интерпретированы в теории систем в исследованных к настоящему времени

особенностях класса развивающихся систем с активными элементами. Однако, во-первых, рассмотрены они не все, а во-вторых, они исследовались разрозненно. В то же время представляется весьма перспективным комплексное исследование проявления этих признаков и свойств с учётом их взаимосвязей и взаимного влияния, что может открыть возможности понимания принципов возникновения эмерджентности.

И, наконец, самое значимое – *принципиально новое* понимание проблемы моделирования класса систем, претендующего на название «живые системы».

В докладе говорится: «Система не собирается из элементов, а *развивается, самоорганизуется* – собирает себя в соответствии с собственной программой, кодом. При этом в клетке присутствует как код, так и его интерпретатор. /.../ Причём искусственные системы строятся из деталей, изначально подобранных и не организованных в систему, но имеющих определённые фиксированные свойства. Живые организмы, будучи функционирующей системой, строят эти детали внутри себя, т.е. создают себя в процессе *развития*. /.../ «Живые системы – это *когнитивные* системы, а жизнь как процесс представляет собой процесс познания. Это утверждение действительно для всех организмов, как располагающих нервной системой, так и не располагающих ею<sup>4</sup>».

Мы же в теории систем до сих пор пользуемся в основном терминами: собрать, объединить, сконструировать и т.п. В числе закономерностей теории систем есть термины «*самоорганизация*», «*самоорганизующаяся, развивающаяся система*». Есть подход, состоящий в постепенной формализации моделей принятия решений. В нём используется термин

---

<sup>4</sup> Матурана У. Биология познания / Язык и интеллект. – М., 1996. – С. 95.

«выращивание» решения<sup>5</sup>. Но этот подход пока не нашёл широкого применения. Возможно потому, что он изложен в формализованном виде, в то время как его следовало бы перевести на гуманитарный язык и проиллюстрировать на бóльшем количестве примеров.

Вероятно, также следует обратить особое внимание на идею Д.С. Чернавского о возможности использования аппарата теории динамических систем. Именно он лежит в основе науки о самоорганизации (синергетики).

*Материал поступил 19 июля 2014 года.*

**Цветкова Валентина Алексеевна, доктор технических наук, профессор, директор Центра аналитических и маркетинговых исследований, развития и формирования проектов в рамках целевых программ Государственной публичной научно-технической библиотеки России.**

Мне было очень приятно и познавательно услышать сообщение Марины Александровны, поскольку оно созвучно с моим пониманием Информатики. Вся моя профессиональная жизнь связана с ВИНТИ, с людьми, которые стояли у истоков формирования отечественной школы информатики, создания Государственной системы научной и технической информации (ГСНТИ).

Не понаслышке я была знакома с А.И. Михайловым, Ю.А. Шрейдером, В.И. Горьковой. Непосредственно работала с А.И. Чёрным, Р.С. Гиляревским, Г.С. Ждановой. И сегодня для меня Руджеро Сергеевич Гиляревский – непререкаемый авторитет. Это человек, к которому я иду за

---

<sup>5</sup> См.: Волкова В.Н. Постепенная формализация модели принятия решения. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2006. – 120 с.

советом, с которым общаюсь постоянно и которому в профессиональном плане абсолютно доверяю.

Марина Александровна Каменская являет собой пример истинного настоящего ученого-исследователя. Очень тесно нас свела жизнь на почве работы диссертационного совета ВИНТИ. Марина Александровна передала мне функции учёного секретаря диссертационного совета, учила работать, была постоянным доброжелательным консультантом. За это я ей безмерно благодарна.

Теперь – собственно о докладе.

Меня впечатлило не столько само выступление, сколько ответы на вопросы. Они показали глубину и кругозор научных познаний Марины Александровны.

Безусловно, информационные процессы, происходящие в социальной сфере, в значительной мере есть то, что уже имеется в живой природе. А как же иначе? Ведь мы – тоже часть природы! В своих работах и лекциях я всегда привожу следующее определение: «Информация – это смысл, который человек или иная живая система приписывает сигналам на основании известных ему правил их представления».

Именно это определение сформулировано в работах А.И. Михайлова, А.И. Чёрного и Р.С. Гиляревского, и именно его приняла М.А. Каменская как специалист в сфере биологии. Это очень важно, поскольку подтверждает, что у нас, приверженцев этого подхода, существует единство взглядов на проблему.

В своём сообщении Марина Александровна отметила особенность биосферы, её способность к сигнальной коммуникации. Разрабатывая информационные системы, мы реализуем в техническом плане именно сигнальную коммуникацию. Если обратить внимание на выделенные семь признаков живого организма (1) питание; 2) дыхание; 3) раздражительность; 4) подвижность; 5) выделение конечного продукта обмена веществ;

б) размножение; 7) рост), то без особого труда их можно ассоциировать с процессом жизненного цикла систем искусственного интеллекта.

В 1958 г. на русском языке была опубликована работа Норберта Винера «Кибернетика, или Управление и связь в живом и машине»<sup>6</sup>. В 1968 г. было опубликовано второе<sup>7</sup>, а в 1983 г. – третье<sup>8</sup> издание этой книги. В данной работе основатель кибернетики рассматривает связь живого и созданного человеком.

Заменит ли машина мыслительные процессы, присущие живой биологической системе – вопрос будущего. На мой взгляд, пока мы будем двигаться по пути, проложенному биологическими системами, повторяя, но не опережая их. Всё-таки человек – биологическая система, разработавшая искусственную систему исходя из своего опыта. Видимо, многое будет зависеть от интеллекта создателя или создателей. Вполне возможно, что интеллект искусственной машины будет выше среднего интеллекта отдельного человека.

Марина Александровна отмечает: «Информационная биология имеет дело не с материальными носителями Жизни, а с алгоритмами организации, деятельности этих носителей. Совокупность механизмов, обеспечивающих полный информационный процесс, называется ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ». Структура задаётся информацией, относящейся к информационной системе, а функции обеспечивают воспроизведение этой информации. Это в полной мере относится и к тем информационным системам, которые на настоящем этапе развития информатики и

---

<sup>6</sup> Винер Н. Кибернетика, или Управление и связь в живом и машине. – М.: Сов. радио, 1958. – 215 с.

<sup>7</sup> Винер Н. Кибернетика, или Управление и связь в живом и машине. – М.: Сов. радио, 1968. – 326 с.

<sup>8</sup> Винер Н. Кибернетика, или Управление и связь в живом и машине. – Пер. с англ. И.В. Соловьева и Г.Н. Поварова. – М.: Наука, гл. ред. изданий для зарубежных стран, 1983. – 344 с.



биоинформатики как её составной части, создаются человеком. Именно изучение биологических систем, развитие биоинформатики закладывает основы для разработки информационных систем и систем искусственного интеллекта.

Сообщение Марины Александровны крайне важно и актуально. Мне кажется, что в современные курсы обучения основам информатики необходимо включать раздел, знакомящий слушателей с биоинформатикой, тенденциями её развития, связями между биосистемами и машинными реализациями искусственных информационных систем.

*Материал поступил 22 июля 2014 года.*

**Соколова Надежда Юрьевна, старший научный сотрудник Центра по изучению проблем информатики Института научной информации по общественным наукам РАН.**

Доклад Марины Александровны Каменской побудил меня обратиться к самым истокам исследований сложных систем различной природы. А именно – к идеям таких выдающихся ученых, как В.И. Вернадский, Э. Бауэр и Н. Винер.

Интерес для меня представили наиболее значимые работы этих учёных, в которых изложены основные положения их открытий. Это «Теоретическая биология»<sup>9</sup> Э. Бауэра (1935 г.), «Несколько слов о ноосфере»<sup>10</sup>

---

<sup>9</sup> Бауэр Э. Теоретическая биология. – М.-Л.: Изд. ВИЭМ, 1935. – 206 с.

<sup>10</sup> Вернадский В.И. Несколько слов о ноосфере // Успехи современной биологии. – М., 1944. – № 18. – Вып. 2. – С. 113-120.

В.И. Вернадского (1944 г.) и «Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине»<sup>11</sup> Н. Винера (1948 г.).

Упомянутые работы увидели свет в период жестоких социальных потрясений. Вполне вероятно, что социальные катаклизмы первой половины XX в. дали импульс к завершению многолетних трудов и побудили исследователей сделать схожие выводы. Основываясь на обширном эмпирическом материале, каждый из них пришёл к теоретическим обобщениям о неравновесности и энтропии и о всеобщей взаимосвязи открытых живых систем.

Так, например, Э. Бауэр отмечал, что «все и только живые системы никогда не бывают в равновесии и исполняют за счёт своей свободной энергии постоянно работу против равновесия...»<sup>12</sup>.

«Как количество информации в системе есть мера организованности системы, точно так же энтропия системы есть мера дезорганизованности системы; одно равно другому, взятому с обратным знаком», – писал Н. Винер<sup>13</sup>.

«С точки зрения натуралиста (а думаю, и историка), – указывал В.И. Вернадский, – можно и должно рассматривать исторические явления такой мощности (имеется в виду Вторая мировая война – *Н.С.*) как единый большой земной *геологический*, а не только *исторический* процесс»<sup>14</sup>.

---

<sup>11</sup> Wiener N. Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine.- Hermann & Cie Editeurs, Paris, The Technology Press, Cambridge, Mass., John Wiley & Sons Inc., New York, 1948. – 194 p.

<sup>12</sup> Бауэр Э. Цит. соч.

<sup>13</sup> Wiener N. Op. cit.

<sup>14</sup> Вернадский В.И. Цит. соч.

Предлагая учение о ноосфере, исследователь писал: «...*Мысль не есть форма энергии*. Как же может она изменять материальные процессы? Вопрос этот до сих пор научно не разрешён»<sup>15</sup>.

Представляется, что проблема, обозначенная В.И. Вернадским 70 лет назад, не разрешена до сих пор.

Живые системы содержат в себе ещё много неизученного и непознанного. Как отмечается в докладе М.А. Каменской, «...неживая природа превратилась в живую в тот самый момент, когда в ней появилось «желание» или возникла «цель жизни». /.../ Информация появится /.../ тогда, когда мы начнём изучать системы с целеполаганием, то есть объекты, способные к целенаправленным действиям»<sup>16</sup>.

На мой взгляд, существует любопытная закономерность, которая прослеживается и в тексте самого доклада, и которую можно наблюдать на заседаниях семинара «Методологические проблемы наук об информации». Если мы ведём рассуждения на общетеоретическом уровне, то понятие информации предстаёт перед нами достаточно ясно. Когда же мы спускаемся на уровни эмпирические, то это же понятие сразу как-то «растекается» по предметным областям, ускользает, теряет свою прозрачность.

И в заключение хотелось бы отметить следующее.

Все упомянутые учёные так или иначе были связаны с российской наукой. Э. Бауэр и В.И. Вернадский были её непосредственными представителями. Н. Винер во введении к «Кибернетике» отмечал, что в

---

<sup>15</sup> Там же.

<sup>16</sup> Каменская М.А. Понятие «информация» в представлении биолога // Текст доклада на 19-м заседании семинара «Методологические проблемы наук об информации» (Москва, 5 июня 2014 г.). – С. 8 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.inion.ru/files/File/MPNI\\_19\\_Kamenskaya\\_M\\_A\\_Doklad.pdf](http://www.inion.ru/files/File/MPNI_19_Kamenskaya_M_A_Doklad.pdf)

своих изысканиях обращался к трудам русской школы, в частности к работам А.Н. Колмогорова<sup>17</sup>.

В настоящее время отечественным учёным настойчиво предлагается «интегрироваться» в мировую науку. В 2013 г. была проведена реформа РАН<sup>18</sup>. В декабре 2012 г. была принята Государственная программа РФ «Развитие науки и технологий на 2013-2020 годы». Несколько позднее, в апреле 2014 г., была утверждена её новая редакция<sup>19</sup>. Эти шаги вызвали неоднозначную реакцию в научном сообществе<sup>20</sup>, поскольку предполагали серьёзный пересмотр фундаментальных основ российской научной деятельности.

Отечественными исследователями уже был задан вопрос, не утерит ли российская наука свою идентичность, не растворятся ли отечественные научные школы в навязываемом извне способе ведения научной деятельности. Несомненно, наука – это пластичная, живая ткань, где всё

---

<sup>17</sup> Винер Н. Кибернетика, или управление и связь в животном и машине. Введение. – 2-е изд. – М.: Наука, Гл. ред. изданий для заруб. стран, 1983 – 344 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://grachev62.narod.ru/cybern/introd.htm>

<sup>18</sup> О Российской академии наук, реорганизации государственных академий наук и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон Российской Федерации от 27 сентября 2013 г. № 253-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rg.ru/2013/09/27/ran-site-dok.html>

<sup>19</sup> Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие науки и технологий на 2013 - 2020 годы»: Постановление Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 г. № 301 г. Москва. – [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://www.rg.ru/2014/04/24/tehnologii-site-dok.html>

<sup>20</sup> Кряжимский А., Ефременко Д., Герасимов В. На пути к обновлению : предварит. итоги эксперт. опроса по поводу реформирования РАН // Поиск: еженедельн. газ. науч. сообщества [Электронный ресурс]. – 2013. – № 36. – 6 сент. – С. 8-9. – Режим доступа: <http://www.poisknews.ru/theme/ran/7350/>; Тихонов В.В. Российская историческая наука и индексы научного цитирования // Новый исторический вестник— 2013. — № 36. — С. 89 — 106. – [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://cyberleninka.ru/article/n/rossiyskaya-istoricheskaya-nauka-i-indeksy-nauchnogo-tsitirovaniya>

взаимосвязано. Но не стоит забывать, что наша российская наука сильна своими традициями в различных областях фундаментальных исследований.

*Материал поступил 23 июля 2014 года.*

**Гринченко Сергей Николаевич, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Института проблем информатики РАН.**

### **Живое целенаправленно. Но что это за цели?**

В докладе Марины Александровны Каменской совершенно правильно отмечено, что деятельность биологической системы характеризуется *целесолаганием* (целесообразованием, целенаправленностью), причём цели не задаются *извне*, а формируются *внутри* системы<sup>21</sup>. Примером такой цели она вслед за В.И. Вернадским<sup>22</sup> называет «конечную цель» биологического объекта – выжить и оставить потомство, т.е. самовоспроизведение. Эта цель выходит за рамки уровня индивидуума и имеет место на уровне сообщества организмов (популяции, вида и т.д.).

Возникает вопрос: какие ещё цели задаются внутри живой (биологической) системы, определяя как её функционирование на относительно коротких временных интервалах, так и её эволюционное развитие на временных интервалах относительно длинных? Адекватный ответ на него удалось сформулировать лишь к концу XX века, когда кибернетика достигла в своём развитии нужного уровня сложности и

---

<sup>21</sup> Каменская М.А. Понятие «информация» в представлении биолога // Доклад на 19-м заседании совместного семинара ИПИ РАН и ИНИОН РАН "Методологические проблемы наук об информации", Москва, ИНИОН РАН, 5 июня 2014 года – [http://www.inion.ru/files/File/MPNI\\_19\\_Kamenskaya\\_M\\_A\\_Doklad.pdf](http://www.inion.ru/files/File/MPNI_19_Kamenskaya_M_A_Doklad.pdf)

<sup>22</sup> Вернадский В.И. Живое вещество. – М.: Наука, 1978. – 363 с.

разнообразия понятийного аппарата – в контексте рассмотрения системы живого как элемента кибернетической картины мира<sup>23</sup>.

В частности, Л.А. Растригиным было введено представление о «троичности» возможного вида кибернетических целевых функций. Показано, что любая цель может быть формализована путём сведения к одной из трёх форм<sup>24</sup>:

1) целевым ограничениям типа «равенств» G (реализующим законы природы – как общие, так и частные, характерные именно для объектов системы живого);

2) целевым ограничениям типа «неравенств» H (применительно к живому – указывающим область возможных изменений жизненных параметров, выход за пределы которой несовместим с продолжением существования соответствующего биообъекта);

3) целевым критериям «экстремального» типа Q (реализующим стремления/тренды биообъектов к достижению «экстремумов», т.е. максимумов/минимумов, их соответствующих функций/функционалов энергетического характера).

---

<sup>23</sup> Гринченко С.Н., Загускин С.Л. Механизмы живой клетки: алгоритмическая модель. – М.: Наука, 1989. – 232 с.; Гринченко С.Н. Системная память живого (как основа его метаэволюции и периодической структуры). – М.: ИПИРАН; Мир, 2004. – 512 с. – См. также <http://www.ipiran.ru/publications/publications/grinchenko/>; Гринченко С.Н. Метаэволюция (систем неживой, живой и социально-технологической природы). – М.: ИПИРАН, 2007. 456 с. – См. также: [http://www.ipiran.ru/publications/publications/grinchenko/book\\_2/](http://www.ipiran.ru/publications/publications/grinchenko/book_2/); Гринченко С.Н. Теории биологической эволюции и кибернетика: новый синтез // Эволюция: Дискуссионные аспекты глобальных эволюционных процессов. Междисциплинарный альманах. - Вып. 3. – М.: Либроком, 2011. – С. 81-102.

<sup>24</sup> Растригин Л.А. Адаптация сложных систем. Методы и приложения. – Рига: Зинатне, 1981. – 375 с. – См. также: [http://narod.ru/disk/17464167000/Adaptaciya\\_slojnyh\\_sistem.\\_L.A.\\_Rastrigin.\\_1981.djvu.html](http://narod.ru/disk/17464167000/Adaptaciya_slojnyh_sistem._L.A._Rastrigin._1981.djvu.html)

На рисунках показаны кибернетические схемы иерархической поисковой оптимизации энергетики системы живого. На рис. 1 фрагмент последней – иерархический контур «Многоклеточный организм–Эвкариотическая клетка», и на рис. 2 – система в целом в том виде, который сформировался на планете Земля к настоящему времени. Восходящие стрелки здесь отражают поисковую активность<sup>25</sup> U представителей соответствующих ярусов в иерархии, нисходящие сплошные – целевые критерии поисковой оптимизации (H, G, Q), нисходящие пунктирные – системную память П живого (результат адаптивных влияний представителей вышележащих иерархических ярусов на структуру вложенных в них нижележащих).

Таким образом, вышеприведённый пример относится ко второму варианту задания цели живого – целевым ограничениям типа «неравенств». Выжить и оставить потомство можно как раз тогда, когда критические параметры состояния биообъекта достаточно далеки от их предельных значений.

Но что происходит при этом с энергетикой биообъекта? В рамках кибернетической модели системы живой природы предполагается, что механизмы *случайного поиска* перманентно отслеживают экстремумы (максимумы) его КПД (понимая при этом в качестве «полезных» затраты энергии на обеспечение специфической функциональной активности биообъекта, для клетки – рецепции входных сигналов и выходной реакции, а «бесполезных» – затраты энергии на обеспечение регуляторных действий: перестроек его внутренней структуры).

---

<sup>25</sup> «Поисковая активность – активность, направленная на изменение ситуации (или отношения к ней) при отсутствии определённого прогноза результатов этой активности, но при постоянном учёте достигнутых результатов» (Ротенберг В.С. Поисковая активность, сон и устойчивость организма // Кибернетика живого: человек в разных аспектах. – М.: Наука, 1985. – С. 80-91).

Именно этот *перманентный* процесс направленных «вовне» активных действий и перестроек «внутри» собственной структуры отличает живой объект от его (свежего) трупа.

Применительно к тематике сегодняшнего доклада: можно констатировать, что любой биообъект – будь то отдельный нейрон, нейронная сеть (ткань), нервная система, включая мозг (орган), организм как целое и т.д. – на который влияют какие-то внешние воздействия и который выдаёт во внешнюю среду свои реакции-влияния на неё, нельзя рассматривать как *пассивный преобразователь информации*.

Таким образом, реально осуществляемое соответствующим биообъектом **«энергетически нормированное» преобразование информации** существенным образом зависит от его текущего энергетического статуса.

Итак, расширение спектра возможных вариантов формализации целевого поведения объектов живой природы может расширить наше понимание сущности указанных процессов.

Думается, это может заинтересовать инженеров, конструирующих устройства обработки информации («нейронные сети») в рамках бионического подхода, т.е. базируясь на моделях нейроноподобных элементов (схемы которых, в конечном счёте, восходят к модели «формального нейрона» Маккаллока-Питтса), и сталкивающимся на этом пути со значительными трудностями. Не в чрезмерном ли априорном упрощении схемы базисного элемента кроется источник этих трудностей?



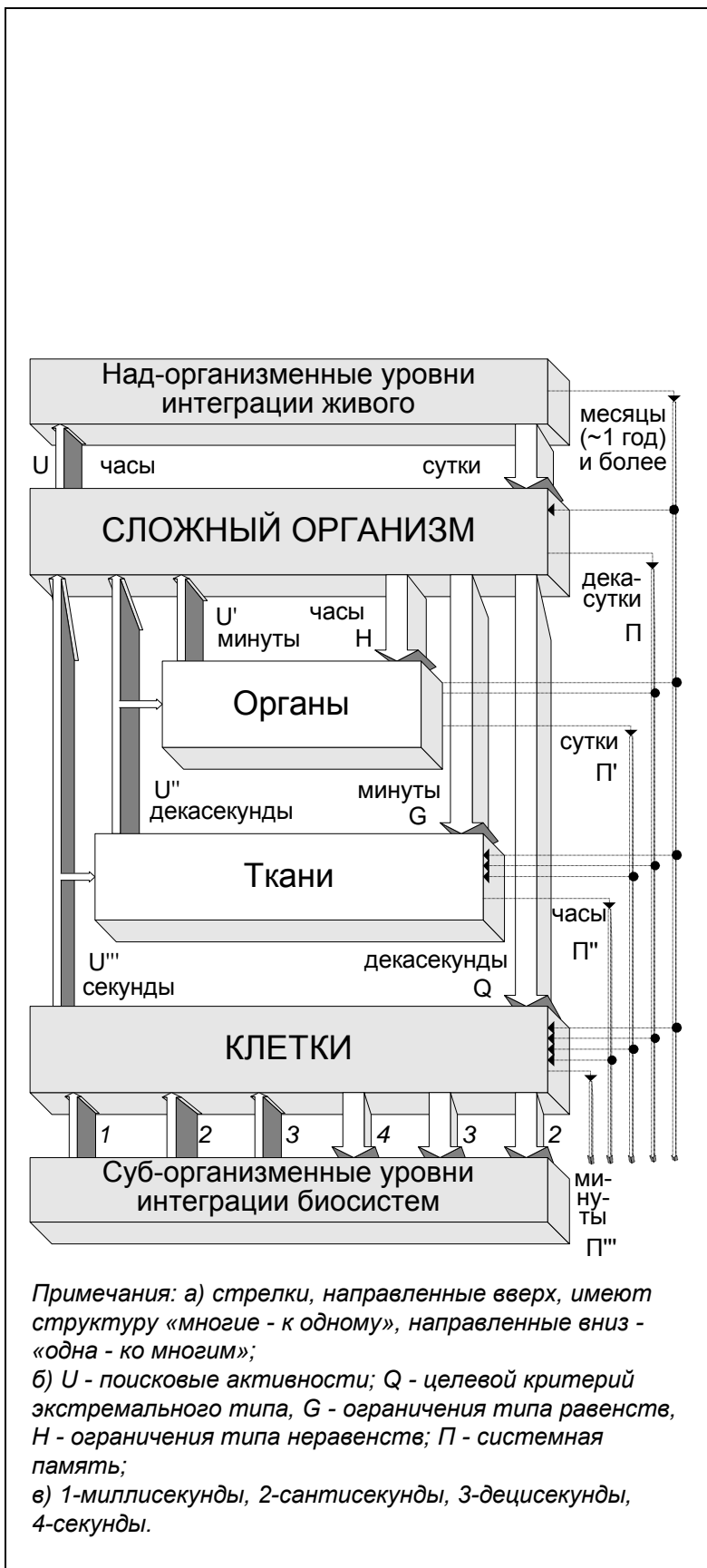


Рис. 1. Организменный контур иерархической поисковой оптимизации системы живого

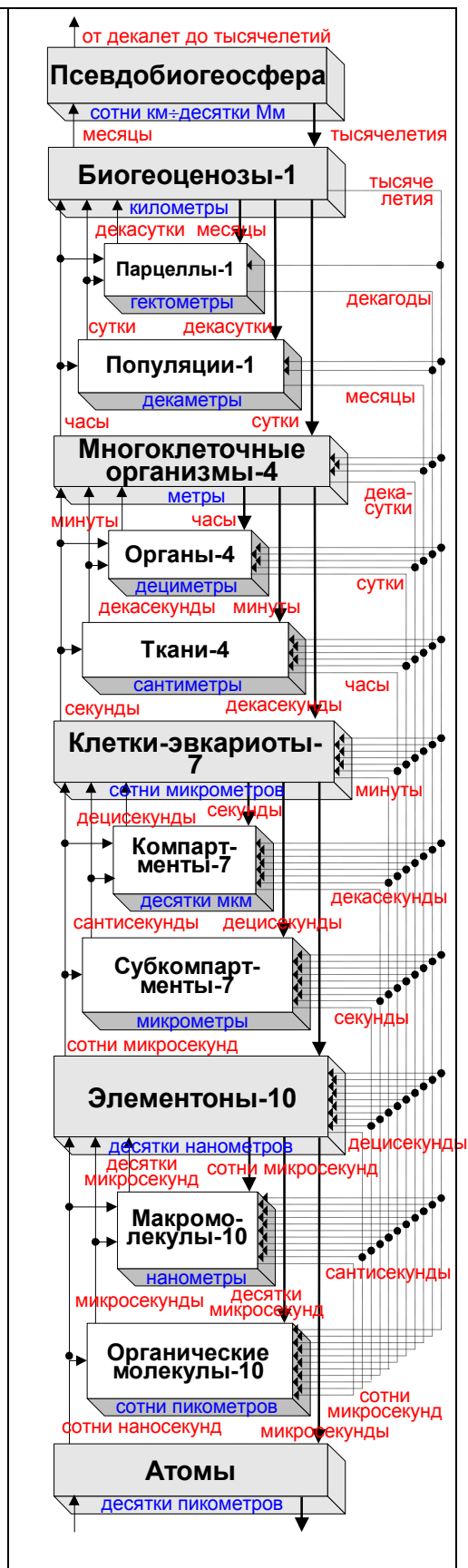


Рис. 2. Система живого (в последние 570 млн. лет)

Возможно, это будет интересно и биологам – по крайней мере, в лице автора интересного доклада «Понятие “информация” в представлении биолога», доктора биологических наук Марины Александровны Каменской.

*Материал поступил 23 июля 2014 года.*

**Хлебников Георгий Владимирович, кандидат философских наук, заведующий Отделом философии Центра гуманитарных научно-информационных исследований Института научной информации по общественным наукам РАН.**

Концентрация информации и семинальных смыслов, осуществлённые М.А. Каменской в докладе, дали возможность не только исторически сжато мысленно осмотреть и концептуально увидеть особенности понимания нашего термина в отдельно взятой науке, но и благодаря адаптированной к аудитории не биологов относительной простоте и ясности изложения, более отчётливо различить, как кажется, некоторые аспекты сущности самого феномена информации, ставшие наблюдаемыми только в данном модусе анализа.

Интересным в докладе в интересующем меня ракурсе взаимоотношений материи, энергии и информации представилось всё, начиная уже с первых страниц, когда Марина Александровна рассказывала о начале своего знакомства с проблемой «Что такое информация?» «Первым, от кого я услышала этот вопрос в ВИНТИ, – пишет докладчик, – был А.И. Чёрный, с которым я имела счастье общаться и обсуждать эту увлекательнейшую проблему в течение практически 20 лет. 25 сентября 2006 г. я записала для себя высказывание Аркадия Ивановича: «Информация – это сигналы, воспринятые и распознанные любой живой системой». «В этой формулировке, – продолжает М.А. Каменская, – мне кажутся особенно важными слова «воспринятые и распознанные». Они означают, что

информация – это *смысл*, который человек или другая живая система приписывают сигналам (*данным*) на основании известных ему правил их представления». Однако моё понимание высказывания Аркадия Ивановича оказалось несколько иным. Если первая часть его определения информации как «сигналов», то есть каких-либо – в широком значении этого слова – знаков, кодов, требующих декодирования и прочтения (интерпретации), показалась обобщенно-философской и универсальной, то вторая: «...воспринятые и распознанные любой живой системой», – уже приложением и спецификацией к частной предметной области отдельной науки, в данном случае, биологии. Представилось возможным, что воспринимать и распознавать сигналы могут не только живые системы, но и неживые – например, электронные. А это, в свою очередь, рекурсивно указывало на специфику самих сигналов, которая, как следовало и из дальнейшего содержания доклада, не могла быть сущностно связана ни с какой отдельной формой своего носителя. То есть «сигнал» следовало понимать не со стороны его носителя, обязательно воспринимаемого какой-либо живой системой, а именно самого по себе как такового. Таким образом, имеется некий знак (сигнал), некоторое сообщение, которое в принципе поддаётся (если не предназначено) для распознавания некоторой системой и не связано с определенным носителем, но может иметь их много и при этом самых разных форм (например, звуковые и световые), заключая в себе одни и те же сигналы. То есть как материя, не существующая сама по себе в феноменальном мире, а только в какой-либо форме, как и энергия, тоже всегда получаемая и существующая в каком-нибудь конкретном виде, так и теперь информация, – все они оказываются всегда конкретными в континууме хронотопа, но и трансцендентными сущностями: как общие понятия и идеи. При этом в случае информации (сигналов) это качество выступает особенно заметно. Она в наименьшей степени связана со своими носителями и в наибольшей может транслироваться, храниться и

перерабатываться самыми разными среди них (можно сравнить память человека и память компьютера).

Эти подготовительные наблюдения дают возможность более отчётливо рассмотреть вопрос об отношении информации и материи. В феноменальном мире хронотопа материя всегда оформлена, то есть выражает какой-либо эйдос, идею, сама же она по себе как таковая не существует. Анализируя характер этой «завязанности» и связи информации в живом, можно заметить, что форма живого организма как структурно, так и системно существенно генерируется посредством реализации программы, записанной в генетическом коде. Таким образом, данный организм возникает, формируется и функционирует хотя и благодаря тому, что несёт в себе, но при этом является для него как бы внешним, в данном случае, наследственным, полученным и в свою очередь транслируемым дальше последующим поколениям. Геном создаёт то, что вне его, хотя и облегает его со всех сторон. Очень приблизительной, но всё же, наверное, полезной метафорой будет представление о гончаре, изготавливающем по переданной ему от отца технологии горшок за горшком. Если мы представим его внутри изготавливаемого им огромного сосуда, сходство будет еще больше, так как становится очевидно, что находящаяся у него в голове программа-код и возникающее под руками изделие – разные вещи, хотя генетически (в греческом значении этого слова) связанные. Энтимемически, опуская несколько посредствующих рассуждений, отсюда, как представляется, можно сделать несколько выводов.

1. Если информация участвует в любом процессе и опредмеченно присутствует в каждой вещи наблюдаемого мира, то материя сама по себе не может обладать внутренней спонтанной активностью. Иначе бы пришлось продуцировать для самой себя информационный поток управляющих импульсов, что трудно представить в качестве стохастического процесса. Если всё же вообразить себе подобный феномен, то он уже не будет

«материей», а окажется сложной самоуправляемой системой – явно не первым уровнем самоорганизации, то есть опять-таки будет требовать для своего возникновения протоинформационного импульса.

2. Весь «пузырь» хронотопа и всё, что в нём, созданы или сотворены и продолжают твориться потоком (или импульсами) информационных кодов. Поэтому за материальными структурами и многоуровневыми системами перцептуального мира находится непосредственно не воспринимаемый, но не менее, если не более, реальный мир информационных импульсов, пакетов и сетей, генерирующих и направляющих возникновение и деятельность первого.

3. Таким образом, весь мир и всё, что в нём, конструируются и управляются чем-то (или/и Кем-то) внешним себе. Ибо невероятно трудно убедить себя, что весь этот мегапоток творящей и управляющей информации суть случайный и стохастический (да ещё и чисто материальный) вселенский процесс. Накопленный интеллектуальный и культурный опыт человечества указывают совсем на иное. Намного вероятнее и более согласующейся с фактами кажется концепция творящего (трансцендентного) Гиперума, (вариант: имманентного Разума), или модная, хотя и пока ещё маргинальная гипотеза мира как электронной симуляции («матрицы») суперкомпьютера (или ИР, Искусственного разума) какой-либо сверхцивилизации, не говоря уже о других, традиционных объяснениях, известных с незапамятной древности.

4. Наименее исследовано соотношение информации и энергии. Очевидно, что энергия также возникла не спонтанно, а является концепцией силы, способной производить различные виды деятельности и работы, то есть тоже оказывается реализованным специфическим качеством своей идеи.

5. Теперь становится ясной информационная природа хронотопа и всего, что в нём, включая материю и энергию. Раньше всего и в самом начале

оказывается именно информация, код и алгоритм, согласно которым (которой) через энергию действия в материи и возникает всё, что есть.

б. Отсюда, по-видимому, очевидна вторичность теории смысла (и мысли – его носителя) как исключительно субъективного феномена, существующего только в сознании человека. Чтобы в нём появился смысл чего-либо, даже самого смысла, необходимо его предшествующее существование, например, в виде предложений, напечатанных в книге. На это обычно возражают, что смыслы в книге, написанной на иностранном языке непонятны человеку, который его не знает, и поэтому не существуют сами по себе. Да, для этого субъекта их нет: нет субъективных условий его восприятия. Для другого же, знающего этот язык – они (значения букв и слов) существуют: если, конечно, сам текст осмыслен. И для всех других, имеющих в себе соответствующее декодирующее устройство, знающих алгоритмы интерпретации (а это и есть перевод) – тоже. То есть, во-первых, объективно тоже есть, непременно должно существовать нечто, референт и денотат, допускающее существенно однозначное понимание смыслов – особенно в терминах с интерпретированной семантикой. Это, надо думать, и есть объективно данный код информации, доступный тем, кто может и обучен его декодировать. И, во-вторых, в принципе необходимо декодирующее устройство, осуществляющее перевод с языка на язык, преобразующее один вид информации в другой, делающее доступными значения символов различным пользователям. Значение не равно смыслу, но, вероятно, близко некоторым семемам последнего. Так что, повышая уровни обобщения первого, можно удовлетворительно для многих практических целей аппроксимировать последнему (смыслу).

Суперкомпьютер, обыгрывающий в шахматы чемпионов мира, скорее всего не располагает всеми смыслами игры, но может оперировать огромным количеством оценочных значений фигур и ситуаций. И этого оказывается достаточно для ожидаемого результата, Данный факт, скорее всего,

указывает на способность определённого критического количества значений и их сочетаний в принципе имитировать смыслы и уподобляться когитации с требуемой для поставленной цели точностью.

7. Итак, информация, её поток, передаваемые в ней и через неё символы, сигналы и значения также до какой-то степени могут замещать (если не содержать в себе) смыслы и мышление. Но в то же время чрезвычайно многое зависит также от уровня совершенства декодера и связанной с ним системы её обработки. «При этом в клетке присутствует как код, так и его интерпретатор», – говорит М.А. Каменская в докладе, отмечая сущностную важность адекватного прочтения информации кода.

8. Но в одном носителе могут находиться коды, информация различных уровней. Ведь одни умы схватывают смыслы и значения текста, не существующие для других – хотя объективно и присутствующие в последнем. Иногда даже его автор не знает или до конца не понимает, что именно, какие нюансы и глубины ему удалось артикулировать в знаках и символах сгенерированного нарратива. Тем не менее это доступно и понятно многим литературоведам и читателям.

Все эти и подобные им примеры показывают необходимость существования объективных материальных носителей значений и смыслов, без которых, вероятно, невозможно их «прочтение» и интерпретация сознанием (мозгом) или его электронными имитаторами (аналогами).

9. Как показано в докладе, различные структуры человеческого организма тоже пользуются «языками» информационных пакетов разных уровней (более элементарный уровень не может пользоваться языком сложного), постоянно перелагая и транслируя сигналы и значения одних – в другие, цифровых – в аналоговые и наоборот, в том числе, используя их как иницирующие к действиям команды.

Более того, сам знак также может прочитываться и интерпретироваться различно: «Живая система *поликонтекстна*. Значение знаков, которыми

оперируют организмы, могут быть денотированы по-разному в различных контекстах целого организма или его отдельных частей. Контекстом является совокупность условий среды и актуального состояния системы в трёхмерном пространстве и времени». То есть, знак сам объективно оказывается полисемантическим, имеющим целый ряд граней-значений.

10. Эвристичным представляется важность фактора сложности системы, критичного, по-видимому, для возникновения качественно более высоких состояний и эффектов. М.А. Каменская пишет: «Сумев разложить живую систему на элементы, подчиняющиеся законам физики и химии, мы рискуем потерять свойства этой системы в качестве живого организма. При переходе с микроскопического уровня на макроскопический (холистический подход) перед нами открываются многие новые свойства системы, отсутствовавшие на аналитическом уровне». Именно динамические сверхаддитивные, синергийные и всепроникающие информационные потоки и процессы сложных иерархических систем приводят к появлению жизни, а при дальнейшем усложнении, можно предположить, и все более высоких её форм.

*Материал поступил 24 июля 2014 года.*

**Семёнова Софья Юльевна, кандидат филологических наук, старший научный сотрудник Отдела комплектования научных фондов Фундаментальной библиотеки Института научной информации по общественным наукам РАН.**

В день доклада Марины Александровны меня не было в Москве, поскольку я участвовала в конференции в другом городе. Поэтому моё впечатление о заседании основывается на письменном варианте доклада и на тех видеофрагментах, которые размещены на сайте ИНИОН. Эта информация, главным образом «заочная», позволяет судить о докладе как об очень интересном и полезном научном событии.



Доклад отличается высоким уровнем научного обобщения – как разнообразием, так и глубиной осмысления материала. При этом он, безусловно, имеет и большое познавательное значение, в том числе для слушателей вроде меня, не являющихся специалистами в биологии и философии биологии. Затронут широкий спектр воззрений на природу биологической информации, при этом привлечены идеи не только биологов, но и других учёных, в частности связанных с информатикой. Рассмотрен глубочайший вопрос о соотношении материи и информации, который по сути дела проходит красной нитью через всю историю науки. Судя по заключению письменного текста, автор склоняется к эволюционистской концепции информации.

*Материал поступил 25 июля 2014 года.*

**Саночкин Владимир Викторович, кандидат физико-математических наук, заместитель главного редактора журнала «Эволюция».**

Доклад весьма интересен как точка зрения не столько специалиста в науке об информации, сколько учёного из другой области, использующего результаты этой науки. Сразу хочу отметить выраженное в докладе понимание субъективности этой позиции. Бросается в глаза, что Марине Александровне ближе функциональная точка зрения на информацию. Это следует из многих рассуждений в докладе и перечисления имён исследователей, которых она считает своими учителями.

1. По ходу нашего семинара мне всё больше видится, что корни дискуссии о сущности информации уходят в особенности мышления разных людей. Одни сосредоточены на констатации различий, а другие – на поиске общего, объединяющего. Причём первых в современной науке подавляющее большинство, что определяет её развитие в сторону дробления и

специализации. Становится всё очевиднее, что такой переко́с идёт науке не на пользу.

Фундаментальные принципы диалектики учат нас тому, что те или иные противоположности (в частности, различия и сходства) никогда не существуют по отдельности. Это всегда лишь выделяемые нами субъективно две стороны одного явления. Повышенное внимание к одной из этих сторон ведёт к односторонности наших знаний, а значит, и к ошибкам. Поэтому задача нахождения общего в разных явлениях для науки ничуть не менее важна, чем поиск различий. Причём только первое направление мышления позволяет открывать общие закономерности природы.

Рассмотрим доклад и лежащую в его основе функциональную позицию по отношению к информации с этой точки зрения.

Прежде всего из доклада следует, что для биолога вопрос о сущности информации тесно переплетается с вопросом о сущности жизни, различении живого и неживого. Неслучайно именно с этого Марина Александровна начинает свой доклад и посвящает этому значительную долю изложения. Функциональная точка зрения на информацию даёт соблазн простого ответа на эти вопросы, поскольку она объявляет информацию функцией живой материи. Отсюда в качестве главного отличия живого от неживого напрашивается появление информации в живых системах, а также умения создавать и обрабатывать её. «Информация – это сигналы, воспринятые и распознанные любой живой системой». И далее: «Информация – это *смысл*». Если это так, то зачем два слова обозначающих одно и то же? Я уже неоднократно писал<sup>26</sup> о субъективности такого подхода, о невозможности с его помощью понять объективную сущность информации, о том, что такая

---

<sup>26</sup> Саночкин В.В. О возможности согласования различных представлений об информации // Сложные системы. – М., 2012. – № 4 (5). – С. 55-71; См. также доклад и послесловия Саночкина В.В. в материалах данного семинара.

позиция не даёт ответа на принципиально важные вопросы – как, почему, на каком этапе развития природы в ней появилась информация. Для того, чтобы найти эту границу и понять, есть ли она, нужно исследовать не только различия, но и сходства разных уровней организации природы.

2. Из психологии известно, что начальная установка в значительной степени определяет результат мышления. Если человек изначально настроен на поиск различий, то он найдёт их и там, где их нет, или, по крайней мере, не заметит, что по некоторым аспектам есть не только различия, но и сходства. С моей точки зрения, в докладе упоминается немало устоявшихся (но это не значит – верных) научных штампов о различии живого и неживого, об исключительности свойств живых систем. Эти штампы появились вследствие психологической установки на поиск исключительности. К сожалению, похожие заблуждения встречаются и относительно роли информации в живой и неживой природе. Для преодоления этих заблуждений включим в наши намерения поиск не только отличий, но и сходств.

3. Поскольку Марина Александровна уделяет значительную часть доклада обсуждению особенностей жизни и роли информации в этих отличиях, позволю себе уделить не меньшее внимание указанию на сходства живого и неживого и роль информации в этом.

Сама идея развития живого из неживого предполагает отсутствие между ними объективной границы. Возможно лишь условное, субъективное разграничение. Но и в этом случае выдвигаемые критерии такого разделения часто не выдерживают критики. Например, приведённое в докладе утверждение, что «Амёба – более сложная система, чем все системы неодушевленного мира», явно не учитывает, что есть такие изначально неживые системы, как Природа или Солнечная система, которые содержат не только амёбу, но и человечество и, более того, сотворили их. Если вспомнить

об этом, то надо признать, что эти системы сложнее и изобретательнее и амёбы, и даже человека, который иначе, чем придуманным природой способом, ничего подобного амёбе или самому себе создать не может. Как видите, если взглянуть шире и не заикливаться на поиске исключительности, то многие штампы оказываются весьма сомнительными, и открываются неожиданные для предвзятого взгляда стороны реальности. Развёрнуто эти вопросы обсуждаются в одной из моих работ<sup>27</sup>.

Кроме сложности это касается и многих других упомянутых в докладе свойств. Так в докладе приводится следующее утверждение Э. Бауэра о принципиальном отличии живого: «Все и только живые системы никогда не бывают в равновесии». Нетрудно показать, что это утверждение неверно. При этом надо иметь в виду, что равновесие бывает разным: статическим и динамическим, локальным и абсолютным. Когда человек лежит, он находится в статическом равновесии, когда идёт – в динамическом, но, как видите, в противоположность утверждению, пребывает в равновесии. Динамическое равновесие важных параметров поддерживается во многих живых системах – это называется гомеостазом. Примером динамического равновесия в неживой природе является река. Таким образом, локальное статическое и динамическое равновесие для живых систем столь же характерно, как и для неживых. Если же иметь в виду абсолютное равновесие или полную релаксацию при абсолютном нуле по Кельвину, то в это состояние не могут попасть никакие системы. Даже космический газ имеет температуру несколько градусов Кельвина. Вся наблюдаемая эволюция Вселенной, согласно теории Большого взрыва, есть непрерывное удаление от равновесия и создание всё новых и всё более сложных структур: атомов, молекул, звёзд, галактик, планет, жизни, наконец. Значит, между живой и

---

<sup>27</sup> Саночкин В.В. Кто мудрее – человек или природа? // Эволюция. – М, 2003. – № 1. – С. 98-101.

неживой природой в этом наблюдается, скорее, сходство, чем различие. Конечно, живые системы как венец этого развития находятся дальше от равновесия, чем неживые, но это различие лишь количественное. А на принципиальном уровне налицо сходство! И живая, и неживая материя могут находиться в локальном статическом и динамическом равновесии и развиваются в среднем в одном направлении – уходят от абсолютного равновесия, усложняются. Это подтверждает вся совокупность имеющихся у человечества наблюдений. Но почему-то мало кого смущает, что второй закон термодинамики, требующий движения к неминуемому равновесию, к упрощению, противоречит этим наблюдениям. Причём выведен он для идеального случая, который практически не реализуется – для полностью замкнутой недиссипативной системы, то есть, описывает системы, которых практически не бывает. К тому же есть тоже идеальная, но противоположная модель, которая основана на свойствах информации и показывает, что при определённых условиях может наблюдаться бесконечный уход от равновесия<sup>28</sup>. Все реальные системы находятся между этими двумя противоположными идеальными случаями: одни упрощаются, другие усложняются, и именно это мы наблюдаем в реальности.

Заметьте, что и здесь справедлива диалектика. Всегда представлены и противостоят обе противоположности: и усложнение, и упрощение. Одна без другой невозможна. Напротив, физика, абсолютизируя справедливый лишь для идеальных систем закон термодинамики, в данном случае заблуждается, и, пользуясь своим авторитетом, искажает наше мировоззрение.

4. Если перейти на более конкретный уровень, то среди упомянутых докладчицей семи отличительных свойств живого: «1) питание; 2) дыхание;

---

<sup>28</sup> Саночкин В.В. Природа информации и развития: Сб. ст. / Рос. филос. об-во. – М., 2004. – 76 с.; Саночкин В.В. Почему и как развивается природа // Эволюция. – М., 2008. – № 4. – С.7-12.

3) *раздражимость*; 4) *подвижность*; 5) *выделение конечных продуктов обмена веществ*; 6) *размножение*; 7) *рост*», – большинство можно обнаружить и в неживых системах. Действительно, все тела во Вселенной распространяют вокруг себя гравитационное поле и реагируют на поля других тел, согласованно изменяя своё движение и внутреннее состояние (аналог активности и раздражимости). Природа создала и в несметном количестве *размножила* атомы, молекулы, звёзды, галактики и другие неживые системы. Звезды, планеты, кристаллы, черные дыры *растут*, потребляя и структурируя под себя окружающее вещество (тут и рост, и аналог питания). Те же звёзды *выделяют конечные продукты своего «обмена веществ»*: корпускулярные и электромагнитные излучения. Конечно, в неживой природе все эти процессы обеспечиваются другими механизмами по сравнению с живой природой, но в этом и проявляется постоянное соседство различий и сходства. Причём в отличие от метафоры, которая может быть основана на чисто внешнем сходстве, здесь речь идет о сходстве на принципиальном уровне. Для построения и существования как живой, так и неживой системы нужны и вещество, и энергия, и информация, и совокупность некоторых подходящих условий, причём разных для разных систем. А уж в этом единстве общего и частного, сходства и различий каждый видит то, что хочет найти.

При непредвзятом взгляде многие различия между жизнью и неживой природой состоят лишь в деталях, а на принципиальном уровне просматривается сходство. Многие способности живого так или иначе заложены уже в неживом. Даже способность к размножению, как показывают примеры, и принцип развития скорее объединяют живое и неживое, нежели разделяют. Конечно, в механизмах размножения между живым и неживым есть существенные различия, но сама способность к размножению – это всеобщее свойство. Принцип развития для живой и неживой природы в

основе тоже един<sup>29</sup>. Это генерация всевозможных, в том числе новых структур на основе взаимодействия существующих систем и параллельно с помощью тех же взаимодействий отбор структур по критерию устойчивости систем во взаимодействиях. Этот принцип объясняет, как из элементарных частиц появились атомы, и почему именно такие, как из них образовались молекулы и т.д. Дарвиновский отбор – частный вид этого принципа для живых систем. Этот принцип действует и в обществе, и в мышлении. В частности, так отбираются верные и полезные мысли, а отсеиваются заблуждения и несбыточные фантазии.

В моих работах показано, что способность передаваться, воспроизводиться, размножаться, развиваться, отбираться – это базовые свойства структуры как таковой, безотносительно к живой или неживой природе. Во всём, что имеет структуру, эти способности структуры воспроизводятся, но реализуются разными способами.

В силу эквивалентности понятий «информация» и «структура» всё упомянутое относится и к информации. Поэтому наличие информации, а также процессов её хранения, передачи, размножения не являются отличительными признаками живого. Всё это наблюдается и в неживой природе. Если признать, что информация – это переданная структура, то снимаются упомянутые выше неразрешимые с функциональной позиции фундаментальные вопросы о происхождении информации, а многие другие вопросы проясняются и обретают единую основу. В этом контексте в качестве отличительных признаков живого следует искать не наличие информации или базовых процессов её передачи, хранения, размножения, а какие-то особые способы использования информации. В частности, весьма

---

<sup>29</sup> Саночкин В.В. Природа информации и развития: Сб. ст. / Рос. филос. об-во. – М., 2004. – 76 с.; Саночкин В.В. Почему и как развивается природа // Эволюция. – М., 2008. – № 4. – С.7-12; Саночкин В.В. Структурная неустойчивость природы // Эволюция. – М., 2009. – № 6. – С. 4-8.

здоровой, на мой взгляд, может быть идея обсуждения в качестве особенностей жизни: 1) обработки информации с помощью знаковых систем, 2) её использование живыми системами для обеспечения своей устойчивости, в частности, с помощью целеполагания. А для целеполагания нужна способность субъективного понимания информации, то есть понимание в контексте своего существования. Возможно, особенности живого состоят в этих тонкостях.

5. Не заблудиться в сходствах и различиях систем разных уровней помогает широко обсуждаемый в науке в последние десятилетия принцип эмерджентности. Согласно ему все свойства составляющих элементов проявляются в составной системе, но кроме того составная система обладает ещё свойствами, отсутствующими в составляющих. Например, геометрическая точка характеризуется только положением, а составленная из точек система имеет ещё и протяженность. То есть, совокупность свойств составной системы больше суммы свойств элементов её составляющих. Этот принцип упоминается в докладе, но, к сожалению, не берётся на вооружение. Именно для того, чтобы понять какие свойства различают системы разных уровней, а какие объединяют, надо искать не только различия. Чтобы находить действительные различия, надо внимательно проверять, не наблюдаются ли свойства систем высшего уровня, пусть в сильно упрощённом, и, если угодно, в примитивном виде на более низких уровнях.

6. В докладе на с. 3 приводится определение жизни А.А. Ляпунова: «Жизнь – это «высокоустойчивое состояние вещества, использующее для выработки сохраняющих реакций информацию, кодируемую состояниями отдельных молекул». Конец этой фразы, где конкретизируется кодировка информации, по-моему, следует отбросить как несущественную деталь, ибо жизнь использует не только такую, а самую различную информацию. А из оставшейся формулировки можно вывести несколько важных, на мой взгляд, выводов, подправляющих функциональную позицию. Во-первых, если



вещество использует информацию, то последняя существует параллельно веществу, наряду с ним. Здесь просматривается атрибутивный взгляд на информацию. Кроме того, разделение на вещество и информацию подразумевает невещественность, то есть идеальность информации. Наконец, важна мысль о том, что идеальная информация может использоваться вещественной системой для обеспечения своей устойчивости. Как уже отмечалось, именно в таком использовании информации можно поискать уникальность жизни.

7. В обсуждаемом докладе, на мой взгляд, имеются некоторые внутренние противоречия и нестыковки.

Несмотря на то, что рассуждения Марины Александровны имеют функциональные корни и связывают информацию с жизнью, она в следующих фразах, как я понимаю, почти соглашается с атрибутивными позициями А.А. Ляпунова и Н. Винера о нематериальности информации (с. 12): «Не будучи ни материей, ни энергией, информация не может существовать в некоем «свободном виде», она должна быть зафиксирована в виде записи на том или ином физическом носителе». «Информационная биология имеет дело не с материальными носителями Жизни, а с *алгоритмами организации* деятельности этих носителей». И далее (с. 21): «Если полагать, что биологическая информация нематериальна (материален только её носитель)...». Однако именно нематериальность информации, то есть, её противопоставление материи служит основой для гипотезы о фундаментальности информации и возможности её существования вне жизни. Эта нестыковка с функциональной позицией в докладе не обсуждается.

На с. 8 сначала написано: «Оптимизация биологической системы происходит методом «проб и ошибок», а затем: «Живая система обладает *биологической памятью*, которая хранит в свёрнутом виде информацию обо всех потенциально реализуемых состояниях системы». Если все реализуемые

состояния известны, то зачем понадобилась оптимизация методом «проб и ошибок»? Этим методом ищутся неизвестные состояния. По-моему, во второй фразе вместо «потенциально реализуемых» надо написать «реализованных».

А в следующей цитате проявилось недопонимание сущности информации: «Главное, что должно отличать все виды биологической информации от человеческой, логической информации – это неотчуждаемость биологической информации от её носителя, живой системы». Однако широко известно, что одним из главных свойств информации является возможность её переноса между носителями разной природы, например, из головы пациента через электромагнитные волны на процессор томографа, потом на бумагу и, наконец, через свет и глаза в мозг врача. По этому каналу связи врач узнает о нарушениях в структуре мозга пациента и ставит диагноз. Если бы требование неотчуждаемости выполнялось, то «биологическая» информация не стала бы «человеческой», не попала бы в мозг врача. В результате он не смог бы поставить диагноз, а Марина Александровна никогда бы не узнала, как устроена нервная система.

8. Доклад Марины Александровны в немалой степени порадовал меня тем, что в нём в некоторой степени подтверждается моя концепция информации. Дорогого стоит, когда специалист объявляет, что придерживается функционального подхода, затем начинает описывать известные ему специальные факты и незаметно для себя подтверждает другую позицию. При этом я не утверждаю, что те рассуждения, которые Марина Александровна делает с функциональной позиции, неверны, а лишь заостряю внимание на том, что обсуждаемые явления могут рассматриваться и с более общей точки зрения.

В основном Марина Александровна рассуждает в рамках более близкого ей функционального подхода, однако это не мешает ей в то же время опираться и на атрибутивные формулировки. Так в начале доклада она

использует упомянутое определение жизни А.А. Ляпунова, а в приведённых выше цитатах – знаменитую фразу Н. Винера о том, что информация – это не материя и не энергия. Это можно понимать как подтверждение того, что функциональная и атрибутивная позиции вовсе не противоречат друг другу, а могут использоваться совместно, дополняя друг друга для объяснения различных аспектов биологических и информационных процессов. Похоже, что в науках о биосистемах востребован более общий подход, чем функциональный. В связи с этим напомню, что в своём докладе на пятом заседании нашего семинара я пытался показать, как можно согласовать функциональные и атрибутивные взгляды на сущность информации на основе более общей концепции «Информация-структура».

Напомню главные положения этой концепции, которые Марина Александровна фактически подтверждает в своём докладе. Информация – это переданная структура, которая, в свою очередь, согласно словарям является совокупностью связей. Любые связи выражаются через соотношения свойств. Другими словами, информация – это переданные соотношения свойств, причём неважно, каким способом эти соотношения представлены – аналоговым или кодовым (с помощью знаков). Важно, что при упоминании лишь одного значения свойства всегда подразумевается именно соотношение значений. Передача информации происходит посредством причинно-следственных связей при взаимодействии систем. Рассмотрим ряд цитат, подтверждающих эти положения.

8.1. «Биологический код может иметь цифровую либо аналоговую форму. Импульсные разряды можно рассматривать как цифровые сигналы, местные градуальные потенциалы (сигналы электрической природы) и нейромедиаторы (сигналы химической природы) – как аналоговые сигналы».

«По мере последовательных переходов от одного уровня иерархической системы к другому, а также по горизонтальным сетевым связям в пределах одного уровня сигналы многократно перекодируются из цифровой формы в

аналоговую и снова в цифровую».

Как видим, здесь прямо подтверждаются оба способа представления информации и многократные преобразования между ними.

8.2. «Следует напомнить, что собственно *сигналом* является не индивидуальный потенциал действия, а их *последовательность*».

То есть, передаваемую информацию определяет структура сообщения.

8.3. «Обратим внимание: в первичном кодировании основная роль принадлежит *свойствам нервных элементов* периферического сенсорного аппарата, тогда как последующее кодирование сенсорных сигналов в ЦНС определяется, прежде всего, *организацией связей* между нервными элементами».

«Это определяется специфическими взаимосвязями нейронов – тем, откуда нервные волокна берут начало и где оканчиваются (чрезвычайно важный принцип организации нервной системы – принцип коннекционизма)».

Таким образом, в полном соответствии с моей концепцией, информация на входе в биосистему выражена соотношениями свойств нервных элементов периферического сенсорного аппарата, а далее структурой связей нейронов в ЦНС.

8.4. «Мозг получает кодированные сведения о таких важных для организма характеристиках воздействий, как природа энергии стимула (*качественный параметр*, определяющий вид чувствительности), интенсивность стимула (*количественный параметр*), продолжительность (*временной параметр*), местоположение и особенности перемещений стимула (*пространственный параметр*)».

«От паттернов активности, поступающей к переключаемым нейронам от рецепторов, зависит образование динамических нейронных ансамблей, деятельность которых определяет оттенки качеств ощущений».

Опять-таки, в подтверждение моей концепции здесь и выше говорится о

том, что входная информация характеризует окружающую реальность при помощи соотношений свойств чувствительных элементов (интенсивностей раздражения этих элементов). Причём чувствительные элементы разнесены в пространстве, их раздражения изменяются во времени, и элементы разных типов чувствуют разные составляющие внешних воздействий. В результате, в органах чувств возникают пространственно-временные структуры раздражений по каждому типу чувствительности, а различие этих типов служит дополнительным структурирующим фактором. Эта совокупность структур передаётся в ЦНС, преобразуясь в структуру связей нейронов и их ансамблей.

При этом заметим, что интенсивности раздражений органов чувств являются следствиями внешних причин – воздействий окружения, а структура возбуждения нейронов в ЦНС – следствием состояния органов чувств. То есть, информация распространилась из внешнего окружения в ЦНС благодаря причинно-следственным связям, которые возникли при взаимодействии среды с организмом, а потом при взаимодействиях между системами организма. В ходе этого распространения, как описано выше, используются различные представления информации. Тем не менее, в структуре всех носителей по ходу её распространения с помощью различных кодов или представлений отражается одно и то же – структура внешних воздействий или отдельные её элементы. В результате действия ЦНС эта воспринятая структура преобразуется в структуру реакций организма.

8.5. Теперь – две цитаты по поводу употребления слова информация.

«Не все авторы текстов о нервной системе считают необходимым термин *информация* при описании того, что происходит».

«Когда при описании межнейронных коммуникаций нейрофизиологи говорят об «импульсных разрядах от одного нейрона к другому», им незачем упоминать «передачу информации».

Дело в том, что для описания разных сторон природы нужны

специфичные термины или, можно сказать, разные языки описания. Собственно, поэтому появились разные науки, каждая со своим языком. Причём надо подчеркнуть, что описания одного и того же предмета в контексте разных наук не дублируют друг друга, а дополняют, представляют предмет с разных сторон. Подобным образом и нервную систему можно описывать с физической, химической, биологической, информационной точки зрения или с нескольких точек зрения одновременно. Этим определяется круг употребляемых терминов и, в том числе, целесообразность использования слова «информация». Если исследователя интересует только физико-химическая сторона нервных процессов, то у него нет необходимости использовать это слово. Аналогично, если он ограничится только химической стороной, ему станет не нужно упоминать физические термины. Однако такой ограниченный подход не позволит рассмотреть все свойства и функции системы в целом.

#### 8.6. Наконец, по поводу метафоры и аналогии.

Цитата: «От аналогии до метафоры – один короткий шаг, и использующий метафору может так увлечься, что примет этот термин как истинное обозначение явлений и процессов, которые он желает описать или объяснить».

Правильно, метафора может опираться на поверхностное, несущественное сходство, а в науке это недопустимо. Я же утверждаю, что между разными видами информации: физической, логической, биологической, социальной и прочими, – есть сходство на принципиальном уровне. Это сходство выражено основными положениями моей концепции «Информация-структура». В данном тексте показано, что эти положения не противоречат приведенным в докладе сведениям о функционировании нервной системы.

9. В заключение выражаю Марине Александровне самую искреннюю благодарность за интересный доклад, который заставил меня ещё раз

поразмышлять об информации, жизни и развитии. Импонирует, что в нём нет безапелляционных выводов по поводу информации, а рассматриваются удобные с точки зрения биолога варианты. Это подразумевает возможность более широкого и общего контекста рассмотрения, в который должно вписываться биологическое понимание информации. Именно такой контекст я пытаюсь предложить в моих работах и выступлениях на семинаре. Причём доклады коллег и ход их обсуждения лишь укрепляют меня в уверенности, что я нахожусь на верном пути.

Завершая свой доклад, Марина Александровна пишет: «Возможны два варианта ответа на вопрос о том, каким образом живая система получает /.../ информацию. Ответ А: благодаря наличию информационного континуума в природе (если исходить из понимания информации как «всеобщего фундаментального свойства реальности»). Ответ Б: в результате развития этой функции в процессе эволюции природы. Для биолога, естественно, «роднее» вариант Б». В ответ я не могу не задать биологу пару вопросов. Во-первых, почему между вариантами А и Б должно быть «или», вместо «и», то есть, почему в результате развития функций восприятия и понимания живая система не может получать и использовать информацию из окружающего информационного континуума? Во-вторых, почему развитие части материального континуума в сложную живую материю биолог принимает, а развитие части информационного континуума до биологического и человеческого уровня принять не готов?» На мой взгляд, биолог здесь непоследователен. В своих работах я пытаюсь показать, что развитие материальной и информационной составляющих природы взаимосвязано и по отдельности невозможно.

*Материал поступил 1 августа 2014 года.*

**Бондаревский Аркадий Самуилович, доктор технических наук, профессор, начальник отдела ОАО «Ангстрем-М» (г. Зеленоград).**

**Биологическая информация и отношения неживое-живое, растения-животные-человек в представлениях информационной каноники.**

### **1. О понятии «живое»**

Представляется, что сущностным признаком живого является его самоподобное *воспроизведение*, осуществляемое *энергозатратным*, сопровождаемым выделением энергии – экзотермическим путём. Количественно этот процесс описывается уравнением:

$$dS = \frac{1}{T} \cdot dQ \quad (1),$$

где  $S$  – энтропия Р.Ю. Клаузиуса,  $Q$  – тепловая энергия и  $T$  – температура.

Как следует из (1), в изотермическом случае такое энергозатратное воспроизведение должно сопровождаться *уменьшением энтропии  $S$  воспроизведения* и, соответственно, сопровождаться *ростом степени организованности* воспроизводимого. В результате воспроизведенный объект будет обладать уже и некоторыми дополнительными способностями, в данном случае связанными с его функционированием. К их числу относятся:

1) *адаптация* (самонастройка, саморегулирование) как способ приспособления воспроизведенного объекта к окружающей среде. Технологически же адаптация, как проявление открытости объекта, заключается в целенаправленном поглощении из окружающей среды вещества и энергии («питании») и выделении в окружающую среду вещества и энергии («отправлениях»);



2) *рост* (увеличение в размерах) воспроизведённого объекта как результат его адаптации (питания и отпавлений);

3) *умирание* (деградация) воспроизведённого объекта как завершения его жизненного цикла (в том числе роста) в результате выработки отпущенного ресурса.

Примеры соотношения неживого и живого представлены в табл. 1.

Таблица 1

### Энергообмен при воспроизведении (тиражировании)

Воспроизводимые объекты		Энергообмен $dQ$ при воспроизведении	
Статус организованности	Наименования		
Неживое	Кристаллы	Энергопотребление $dQ > 0$	
Живое	Вирусы	Энерговыделение $dQ < 0$	
	Растения		
	Животные		

В соответствии с табл. 1, обращается внимание на то, что воспроизведение неживого (например, рост кристаллов), в отличие от воспроизведения живого, осуществляемое с *выделением* энергии (*экзотермически*), требует *притока* энергии (осуществляется *эндотермически*). Так, атомы, наращивающие кристаллическую решётку, выпадают из насыщенного раствора под воздействием его внешнего нагрева.

Здесь отмечается, что отмеченное экзотермическое воспроизведение порождает сопутствующее образованию живого уменьшению энтропии  $S$

воспроизводящей системы. При этом такое уменьшение энтропии сопровождается тем бóльшими затратами энергии, чем более высокоорганизованный и сложно функционирующий объект воспроизводится (см. табл. 1).

Теперь обратим внимание на особенности тиражируемых свойств объектов воспроизведения. Разделим их на физико-химические и структурно-конфигурационные (геометрические). Тогда получается, что воспроизведение простых объектов природы – кристаллов (наращивание) происходит в процессе тиражирования исключительно *физико-химических* свойств. А это есть низшая ступень воспроизведения, тупиковый путь эволюции. Воспроизведение же более сложных объектов природы (вирусов, растений и животных) осуществляется в процессе тиражирования как их физико-химических, так и *структурно-конфигурационных* свойств. Здесь имеет место высшая ступень воспроизведения, открыто-бесконечный путь эволюции.

Далее же обращается внимание на то, что во втором случае тиражирование осуществляется в процессе *репликации*. При этом элементарная единица наследственности представляет собой сочетание физико-химических и структурно-конфигурационных свойств. А это есть не что иное, как биологический *ген* – единица наследственной информации.

И тогда, как оказывается, граница между неживым (тиражирование физико-химических свойств) и живым (тиражирование физико-химических и структурно-конфигурационных свойств) в природе проходит через ген. «Слева» находится ещё неживое (физико-химические свойства молекул нуклеотидов), а «справа» уже живое (структурно-конфигурационные свойства молекул нуклеотидов). При этом структурно-конфигурационные свойства данных молекул представляет собой то, что обычно называют генетическим кодом воспроизводимого объекта. Подобная экспликация

отношений «неживое-живое» позволяет построить их информационную модель. В данном случае – на основе представлений информационной каноники.

## 2. Представления информационной каноники

Материя и информация – две модальности мира, которые находятся между собой в дихотомически-дуалистических отношениях. Если материя – это *физическая* реалья природы, то информация – это своего рода нематериальный *тезаурус* материи-физической реалии в виде банка-библиотеки кодировок этой реалии.

Таким образом, в смысловом отношении информация представляет собой *закодированную материю*. При этом материя, как физическая реалья, даётся человеку *непосредственно* – через ощущения органами чувств. Информация же даётся человеку *опосредованно* – сначала через ощущения органами чувств кодировок (кодов) материи, а потом – через дешифрирование в сознании этих кодировок. Таким образом, материя – это то, что человеком *ощущается*, а информация – то, что *воспринимается*.

Различные виды информационных дешифраторов – природные («облачные»<sup>30</sup> (сакральные), «животные» и «человеческие» (абстрактные) – соответствуют различным каноническим видам информации: связанной, квазисвязанной и свободной. Здесь эти дешифраторы и соответствующие им канонические виды информации перечислены в порядке имеющего место в природе при её эволюции «освобождения информации от материи» (уменьшения связи семантики информации с формой семантики информации – материей-носителем), «удаления», по мере эволюции, информации от космосферы и приближения её к ноосфере.

---

<sup>30</sup> Мета-«коллективно-бессознательные» аналоги сегодняшних информационно-облачных решений, поступающих из глобального компьютерного-сетевое пула (от виртуального веб-сервера).

В морфологическом отношении (с точки зрения состава – сущности и явления) информация – это двуединство (конъюнкция) сущности кодируемой материи: её *семантики* и хранилища-носителя (*формы* этой семантики). Если семантика информации отвечает на вопрос «что», то форма семантики информации отвечает на вопрос, каким образом это «что» существует. Форма (от лат. forma – внешний вид) представляет собой реализуемость – способ существования семантики информации. Таким образом:

Информация = Семантика & Форма семантики,

где форма семантики является материальной, а семантика – идеальной (несравнимой, неизмеряемой и т.д.). При этом отношение семантики и её формы заключается в том, что всякая семантика может быть проявлена (т.е. явлена во-вне) лишь посредством формы и никак иначе<sup>31</sup>. Точнее, она может быть проявлена посредством некоей кодировки – естественной и искусственной, носителем которой является форма.

А теперь обратим внимание на то, что естественная (физико-химическая) кодировка формы выражает лишь *собственную* семантику формы. В то же время искусственная (структурно-конфигурационная) кодировка может выражать как *собственную* семантику формы, так и семантику *несобственную*. В последнем случае – семантику некоей *другой* информации, не имеющей к данной форме физического отношения, т.е. выражать семантику, физически *свободную* от данной формы.

Отметим, что названные выше канонические виды информации – *связанная, свободная* и *квазисвязанная* – различаются с точки зрения используемой кодировки.

---

<sup>31</sup> М. Маклюэн: «Форма есть само содержание».

## 2.1. Связанная информация

Под *связанной информацией* будем понимать информацию с естественной физико-химической кодировкой (физико-химическими свойствами формы), у которой такая кодировка выражает семантику именно данной информации. В силу естественности такой кодировки, семантика связанной информации принципиально неотделима от её формы<sup>32</sup>. Образно говоря, она «ассоциированно-диффундирована» с формой. По причине такого взаимопроникновения семантики и формы, связанная информация представляет собой некое изначально-исходное сингулярное состояние природы. Это есть граница – «стартовая точка» как материи, так и информации. Поэтому связанную информацию можно с равным правом назвать как «информационной материей», так и «материальной информацией».

Связанная информация – это то, что в гносеологии именуется «вещью в себе» (истиной). В том факте, что семантика связанной информации, проявляемая в физико-химической кодировке, принципиально неотделима от её формы, проявляется сущность феномена *непознаваемости истины*. Но при этом познание истины является всё же возможным. Но только не в смысле результата, а в смысле процесса – через асимптотически приближающееся к истине видение-моделирование формы. В данном случае, это видение-моделирование формы посредством субстанции свойства. В этом отношении связанная информация есть то, что само по себе «молчит» и отвечает, только будучи спрошенным, в частности, посредством генерирования человеком-оператором последовательности приближающихся к истине свойств формы.

---

<sup>32</sup> Отрыв семантики связанной информации от её формы ведёт к уничтожению того и другого и, таким образом, к уничтожению связанной информации (вариация на тему К.Н. Леонтьева).

Например, к связанной информации относится феномен всемирного тяготения. Первое видение-свойство этого феномена было проявлено в формуле И. Ньютона  $F = \frac{1}{r^2} \cdot M \cdot m$ , где  $F$  – сила тяготения,  $M$  и  $m$  – взаимодействующие массы и  $r$  – расстояние между ними. Второе с учётом гравитации со стороны Солнца видение-свойство феномена всемирного тяготения было проявлено в формуле А. Эйнштейна, как  $F = \frac{1}{r^2 \cdot \sqrt{1-\varepsilon}} \cdot M \cdot m$ , где  $\varepsilon$  – слагаемое, зависящее от этой гравитации.

## 2.2. Свободная информация

Под *свободной информацией* будем понимать информацию как с естественной – физико-химической, так и с искусственной структурно-конфигурационной кодировками, у которой, в отличие от связанной информации, используется не физико-химическая, а только структурно-конфигурационная кодировка. При этом последняя выражает семантику *другой*, не зависящей от данной, т.е. *свободной* от данной информации.

Примером свободной информации может служить записанная на бумаге математическая формула. Картинка – т.е. визуальная форма этой формулы, с одной стороны, представляет собой её физико-химическую кодировку (состав бумаги, краски и их физические особенности). С другой стороны, имеет место носимая формой-картинкой математической формулы структурно-конфигурационная кодировка – *конфигурация-иероглиф* этой картинки. Человек-оператор воспринимает этот иероглиф и с помощью содержащегося в его мозгу дешифратора распознаёт его смысл. Например, им может быть линейное дифференциальное уравнение второго порядка.

То же самое представляет собой и книга как носитель свободной информации. В качестве структурно-конфигурационной кодировки здесь

выступают, например, знаки кириллицы, которые с помощью «человеческого» дешифратора идентифицируются в качестве звуков русской речи.

Подобную структурно-конфигурационную кодировку имеет и поведенческая («соматическая» – динамическая) биологическая информация. Её формой-носителем выступают импульсы первой сигнальной системы животных. Конфигурация-кодировка этих и импульсов идентифицируется с помощью «животного» дешифратора, который, в свою очередь, осуществляет выработку соответствующих побуждений животных к действию.

Важным классом свободной информации является *антропогенная искусственная (арт)* информация, которая отличается как от биологической (поведенческой), так и от антропогенной естественной информации. К ней относятся такие распространённые, но не всегда одинаково понимаемые, разновидности свободной информации как данные, сведения, знания и науки.

2.2.1. *Данные (data)* – неинтеллектуальные, т.е. не «пропущенные» через разум (естественный или искусственный) информационные единицы. Это образы физиологических ощущений или их техногенных аналогов (сенсорика). В последнем случае к ним, например, относятся неотградуированные (неметризованные) электрические сигналы.

2.2.2. *Сведения (facts, intelligence)* – первичные интеллектуальные информационные единицы. Это данные, «пропущенные» через разум. К ним относятся образы физиологических восприятий или их техногенных аналогов. В последнем случае это могут быть отградуированные (метризованные) электрические сигналы или формы и размеры орбит небесных тел.

2.2.3. *Знания (knowledge)* – вторичные интеллектуальные информационные единицы. Это структурированные сведения: астрономические таблицы, содержащие в упорядоченном виде выше формы

и размеры небесных тел, таблицы логарифмов, литературные обзоры, исторические тексты и т.д.

2.2.4. *Науки* (science) – знания со своей, присущей только им, теорией, - формализованными законами (правилами, методами, теоремами, уравнениями).

Классификация разновидностей свободной информации представлена в табл. 2.

Таблица 2.

### Классификация разновидностей свободной информации

Свободная информация				
Биологическая	Человеческая (ноо)			
Поведенческая	Антропогенная		Техногенная	
	Естественная	Искусственная (арт)	Аналоговая (сигналы)	Дискретная (коды)
	Результаты ощущений, результаты восприятия, мысли, чувства	Данные, сведения, знания, науки	Радио-технические, электро-технические, звуковые, визуальные и т.д.	Компьютерные, коммуникационные, управляющие

### 2.3. Квазисвязанная информация

*Квазисвязанная информация* представляет собой переходный вид информации от связанной к свободной. Подобно свободной информации она имеет как физико-химическую, так и структурно-конфигурационную кодировку. Однако, как и в случае связанной информации, квазисвязанная информация обладает лишь одной семантикой. В данном случае – семантикой, проявляемой в равной мере в обеих означенных кодировках.



Как оказывается, формой-носителем квазисвязанной информации является ген. При этом, в отличие от формы связанной информации, он представляет собой не одну, а две кодировки: физико-химическую (физические и химические свойства молекул нуклеотидов) и структурно-конфигурационную (структуру-конфигурацию молекул нуклеотидов). Но при этом и та, и другая кодировки выражают не две, как в случае свободной информации, а лишь одну семантику. А именно – семантику собственной формы-носителя.

Как было отмечено выше, граница между неживым и живым проходит между физико-химическими и структурно-конфигурационными свойствами воспроизводимого объекта. Это значит, что соответствующая информационная граница проходит *между* физико-химической и структурно-конфигурационной кодировками семантики этого объекта, в данном случае – гена.

В этом отношении показателен вирус – изначально-первичное явление живой природы. Ему свойственна самая простая (проще не бывает) *одноцепочечная* структура молекул нуклеотидов. Думается, что именно в таком пограничном между неживым и живым статусе вируса кроется причина его необычайной живучести. Когда вирусу «плохо» (например, в результате воздействия на него антибиотиками), он легко (с минимальным вещественно-энергетическим обменом) переходит в неживое кристаллическое состояние. И столь же легко (по причине означенной минимальности обмена) возвращается из этого состояния в живое после наступления комфортных внешних условий.

Отметим, что носимая геном квазисвязанная генетическая информация относится к биологии как «статическая», в отличие рассмотренной выше свободной биологической информации динамической – поведенческой («соматической»).

### 3. Заключение.

В таблице 3 проиллюстрированы заявленные отношения неживое-живое и растения-животные-человек в представлениях информационной каноники.

Таблица 3.



Как следует из табл. 3, информационная граница между неживым и живым пролегает через «физико-химию» (физико-химическую кодировку семантики) и структуру (структурно-конфигурационную кодировку семантики) гена.

Это значит, что всему неживому отвечает связанная информация, переходному от неживого к живому (гену-вирусу) – квазисвязанная информация, и живому – свободная информация.

В то же время информационная граница между растениями-животными и животными-человеком пролегает в более «высоких», чем кодировка, информационных экспликациях. А именно, между дешифраторами означенных кодировок – «облачными» (сакральными), «животными» и человеческими.

*Материал поступил 25 января 2015 года.*

**Чёрный Юрий Юрьевич, кандидат философских наук, заместитель директора по научной работе Института научной информации по общественным наукам РАН, руководитель Центра по изучению проблем информатики ИНИОН РАН.**

Я хотел бы поблагодарить М.А. Каменскую за замечательный доклад и Ю.Г. Коротенкова, В.П. Седякина, В.Н. Волкову, В.А. Цветкову, Н.Ю. Соколову, С.Н. Гринченко, Г.В. Хлебникова, С.Ю. Семёнову, В.В. Саночкина и А.С. Бондаревского за «Послесловия» к нему.

В оценке мыслей, высказанных в докладе, я склоняюсь к атрибутивной концепции информации, которая, в частности, получила выражение в послесловиях С.Н. Гринченко, Г.В. Хлебникова, В.В. Саночкина и А.С. Бондаревского. Мне кажется, что биологическая информация – это не метафорическое перенесение свойств социальной информации как «сведений» на область живого, но отражение реально существующего определённого уровня организации Природы. При этом информация, по-видимому, существует и на уровне неживой материи, в том числе и в мире элементарных частиц.

Неоднократно перечитывая доклад Марины Александровны, я каждый раз убеждался в его глубине и эвристической ценности. Поэтому в заключение хотел бы ещё раз привести его содержание.

## **Каменская М.А. Понятие «информация» в представлении биолога**

### Введение

#### 1. Сущность Живого (Жизни)

#### 2. Биологические системы

2.1. Макроскопический и микроскопический уровни развития биологических систем

2.2. Живое – сложная система

2.3. Обобщение отличительных особенностей живых систем (от клетки до экосистемы)

#### 3. Искусственные информационные системы

#### 4. Информационный подход в биологии

#### 5. Биологическая информация

#### 6. Нейробиологическая информация

6.1. Нейронные механизмы научения и памяти

6.2. Сенсорные системы

6.3. Обобщение сведений об информационной роли сенсорных систем и кодирования данных в нервной системе

7. Информационная функция нейроиммуноэндокринной системы в организме позвоночных животных

#### 8. Биологическая информация как аналогия или метафора

### Заключение

*Материал поступил 31 июля 2015 года.*