

# OSTIS-2014

(Open Semantic Technologies for Intelligent Systems)

УДК 004.822:658.51

## ОТ СЕМАНТИЧЕСКОГО КОДА К КОГНИТИВНОЙ ЛИНГВИСТИКЕ, СЕМИОТИКЕ И ИНФОРМАТИКЕ: НАСЛЕДИЕ В.В.МАРТЫНОВА

Тарасов В.Б

*ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана  
г. Москва, Россия*

**Vbulbov@yahoo.com**

Работа посвящена анализу ряда составляющих научного наследия выдающегося советского и белорусского ученого-лингвиста Виктора Владимировича Мартынова, пионера семиологического подхода в искусственном интеллекте, инициатора построения формальных лингвистических моделей с помощью абстрактных алгебр, автора знаменитого языка представления знаний «Универсальный семантический код», одного из родоначальников ряда новых «наук-перекрестков»: когнитивной лингвистики, когнитивной семиотики, когнитивной информатики.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект; представление знаний; семиотика; лингвистика; исчисление смыслов; универсальный семантический код; когнитивная семиотика; когнитивная информатика.



Участники учредительного съезда Советской ассоциации искусственного интеллекта

## Введение

В январе 2014г. исполнилось 90 лет со дня рождения выдающегося советского и белорусского ученого, основоположника одной из ведущих научных школ формализованной семантики, заслуженного деятеля науки Белорусской ССР, доктора филологических наук, профессора Виктора Владимировича Мартынова. Круг научных интересов и достижений В.В.Мартынова был весьма широк: он простирался от лингвистики, литературоведения, культурологии, этимологии, славистики, востоковедения до кибернетики, информатики и искусственного интеллекта (ИИ).



Виктор Владимирович Мартынова (1924-2013)

Виктор Владимирович был участником учредительного съезда Советской ассоциации искусственного интеллекта, состоявшегося в мае 1989г. в Коломне, на котором он был избран членом научного совета САИИ. К этому времени он был хорошо известен в сообществе специалистов по ИИ как создатель нового метода и языка представления знаний, названного «Универсальный семантический код» (УСК), автор замечательных книг и брошюр, среди которых можно указать монографии: «Кибернетика, семиотика, лингвистика» [Мартынов, 1966]; «Семиологические основы информатики» [Мартынов, 1974]; «Универсальный семантический код. Грамматика, Словарь, Тексты» [Мартынов, 1977]; «Универсальный семантический код: УСК-3» [Мартынов, 1984], «Универсальный семантический код: УСК-4» [Мартынов, 1988].

Присущие В.В.Мартынову дух новаторства, широкая, поистине энциклопедическая эрудиция, умение работать «на стыке наук», в частности, лингвистики и семиологии, праксеологии и информатики, кибернетики и искусственного интеллекта, привели к появлению «исчисления языковых смыслов» и развитию семиологического направления в ИИ. Здесь следует отметить две его основополагающие статьи: «Семиологические

проблемы искусственного интеллекта» [Мартынов, 1978] и «Построение и реализация алгоритма планирования, основанного на УСК [Гуминский, 1985], публикации: "Человеко-машинные методы решения задач в системе УСК» [Мартынов, 1979] и «Об использовании аппарата УСК-3 при формировании алгоритма решения интеллектуальных задач» [Мартынов, 1983], лекцию «Семантическое кодирование для представления и преобразования знаний [Мартынов, 1990].

В 1993г. за научные открытия В.В.Мартынов был объявлен Международным биографическим центром в Кембридже «Человеком века» и удостоен очень престижной «Награды XX столетия за достижения», которая присуждается раз в столетие.

К сожалению, после распада СССР ранее проводившиеся в рамках САИИ совместные научные работы между российскими специалистами по ИИ и белорусскими учеными – представителями школы В.В.Мартынова – были приостановлены. Сегодня молодое поколение российских ученых мало знает об идеях и работах В.В.Мартынова, хотя уже в XXI-м веке им были написаны и опубликованы фундаментальные монографии «Основы семантического кодирования. Опыт представления и преобразования знаний» [Мартынов, 2001] и «В центре сознания человека» [Мартынов, 2009]. Последняя книга Виктора Владимировича, подводящая итоги его научной деятельности, содержит также новые идеи по развитию и будущей интеграции информационных технологий, когнитивных и лингвистических наук. По сути, в ней впервые рассмотрены основы когнитивной лингвистики, когнитивной семиотики, когнитивной информатики, а также показаны неразрывные связи между этими научными направлениями (хотя сам автор и не использует эти термины).

В настоящей обзорной статье автор стремится после рассмотрения основных вех жизненного и научного пути Виктора Владимировича Мартынова описать становление и развитие теоретических идей и приложений универсального семантического кода, а также раскрыть роль В.В. Мартынова в создании современного симбиоза лингвистических, когнитивных, математических наук.

## 1. Этапы жизненного и научного пути В.В.Мартынова

Виктор Владимирович Мартынов родился 25 января 1924г. Участник Великой отечественной войны: ушел на фронт в возрасте 18 лет. В составе 3-го Украинского фронта участвовал в боях за освобождение Молдавии, Югославии, Австрии, Румынии, Болгарии и Венгрии. Награжден орденом Отечественной войны 2-й степени.

В 1948-м году В.В.Мартынов окончил Одесский университет, а в 1951-м году – аспирантуру по славистике при Львовском университете. В период

с 1952-го по 1960-й год был заведующим кафедрой иностранных языков Одесского университета.

В 1960-м году переехал в Минск и стал работать в Институте языкознания Академии наук БССР, где в течение почти 30 лет с 1962-го по 1990-й год руководил отделом общего и славянского языкознания. С 1992-го года был профессором кафедры общего языкознания Минского лингвистического университета и руководителем научно-исследовательского центра «Семантика».

В 1969-м году Виктор Владимирович защитил докторскую диссертацию в области лингвистики, а в 1971-м стал профессором.

Интерес к лингвистическим и семиотическим проблемам кибернетики и информатики возник у В.В.Мартынова еще в 1960-е годы. В своей первой монографии по этой междисциплинарной тематике «Кибернетика, семиотика, лингвистика» [Мартынов, 1966] он рассмотрел основы и перспективы дедуктивной семиологии, а его следующей книге, вышедшей в свет 40 лет назад [Мартынов, 1974], уже были затронуты семиологические проблемы информатики и содержалось описание прототипа УСК. В книге «Универсальный семантический код. Грамматика, Словарь, Тексты» [Мартынов, 1977] была представлена первая версия языка УСК, который ученый развивал на протяжении всей жизни (всего было создано 6 версий УСК).

Близкое знакомство В.В.Мартынова с Г.С.Поспеловым, Д.А.Поспеловым, В.Ф.Хорошевым и другими ведущими учеными в области ИИ состоялось в 1970-е годы на очень популярных тогда больших междисциплинарных научных конференциях, таких как Всесоюзные симпозиумы по кибернетике в Грузии [Гаазе-Рапопорт, 1991] и Международные симпозиумы по ИИ (см. [Мартынов, 1983]). Так образовались важные научные связи, особенно укрепившиеся после Учредительного съезда САИИ в Коломне и 2-й конференции по искусственному интеллекту в Минске в 1990г. Тогда они казались незыблемыми.

## **2. В.В.Мартынов: от семиологического подхода к междисциплинарной методологии в искусственном интеллекте**

### **2.1 Семиологический подход в ИИ и лингвистические модели знаний**

В своих работах [Мартынов, 1974 и 1978] Виктор Владимирович выделяет два основных пути развития искусственного интеллекта: бионический и семиологический. Чрезвычайно популярный в настоящее время бионический подход опирается на идею практического применения в искусственных системах тех биологических механизмов, которые природа «отработала» в ходе эволюции живых организмов. Здесь речь идет о механизмах адаптации и коллективного поведения, методах

эволюционного моделирования и бионических алгоритмах, подходах роевого и эмергентного интеллекта.

*Семиология* (термин Ф.де Соссюра [Соссюр де, 2004]) или *семиотика* (по Дж.Локку и Ч.Пирсу [Пирс, 1999] есть наука о знаковых системах. Родоначальники теории знаковых систем исходили из разных предпосылок: так де Соссюр рассматривал ее как науку, изучающую знаковые системы в контексте социальной жизни [Соссюр де, 2004], а Пирс определял ее как логику в самом общем смысле, формальную доктрину знаковых систем [Пирс, 1999]. Однако все они были едины в том, что единицей любой семиотической системы является знак. Любой знак имеет три аспекта: синтаксис, семантику и прагматику или в других терминах: план выражения, план содержания и план значения. Таким образом, любой язык как семиотическая система функционирует и эволюционирует в трехмерном пространстве (синтактика, семантика, прагматика).

«Отцом-основателем» семиотического подхода в ИИ по праву считается Д.А.Поспелов [Поспелов, 1970, 1976 и 1999]. Так еще в работе [Поспелов, 1970] им сформулировано следующее важное утверждение: условием создания технических устройств, способных к решению творческих задач, является формирование внутри такого устройства системы (иерархии) знаковых систем. Как известно, даже отдельные простейшие знаки не находятся в точном соответствии с реальными предметами. Однако структура знаковой системы подобна структуре отношений между предметами реального мира. Такую систему Д.А.Поспелов рассматривает как систему знаков первого уровня.

Но, кроме знаков, значениями которых выступают предметы или явления реального (или моделируемого) мира, можно рассматривать знаки знаков (метазнаки), значениями которых служат знаки семиотической системы первого уровня. Такую систему следует отнести к знаковой системе второго уровня. Путем индукции нетрудно ввести систему знаков любого  $k$ -го уровня.

Иерархия знаковых систем имеется у человека (например, система знаков естественного языка служит для знаковой системы математики системой предшествующего уровня).

Согласно Ю.М.Лотману, основными вопросами для любой семиотической системы являются, во-первых, отношение к миру, лежащему за ее пределами, а, во-вторых, отношение статики к динамике [Лотман, 2010]. Развитие этих идей в русле искусственного интеллекта привело Д.А.Поспелова к созданию логико-лингвистических моделей представления знаний, введению так называемых псевдофизических логик для систем ИИ и определению семиотической системы как расширения формальной системы с помощью правил изменения ее компонентов (см. [Поспелов, 1986; Тарасов, 2006]).



В свою очередь, профессор В.В.Мартынов предложил свой вариант семиологического подхода в ИИ, основанный на понимании семиотической системы как линейно упорядоченной совокупности знаков и модели «универсального семантического кода» (УСК) для представления знаний в искусственных интеллектуальных системах на ограниченном естественном языке. По его мнению, произошедший в 1970-1980-е годы перенос центра тяжести исследований в ИИ с эвристик на представление знаний есть не что иное, как переход к принципам структурной семантики.

Независимо от исследуемого объекта все рассуждения о нем неизбежно строятся на языке. Язык – это система знаков, служащая средством человеческого общения, мышления и выражения. Язык возникает тогда, когда система сигналов превращается в систему знаков. С помощью языка осуществляется познание мира, в языке объективизируется самосознание личности.

В [Мартынов, 1978] указано, что центральными проблемами ИИ являются задача разработки конструктивных лингвистических моделей знаний и задача построения языков диалога «человек-компьютер». В этом контексте естественный язык (ЕЯ) представляет собой мощнейший инструмент моделирования, наиболее удобное и совершенное средство коммуникации, универсальный аппарат выражения знаний о мире. В то же время ЕЯ в полном объеме не может быть использован как язык дружественного интерфейса «человек-компьютер». Это обусловлено рядом серьезных причин.

Естественный язык обладает асимметрией. С ней связана принципиальная неполнота парадигмы слова, выражающаяся в полисемии и синонимии. В результате одно и то же содержание предстает в разных формах. Особенно большие трудности возникают в связи с постоянным развитием языка и внутренним взаимовлиянием его компонентов.

Как указывает В.В.Мартынов в [Мартынов, 2001], все признают, что между синтаксическими структурами и семантикой нет одно-однозначных отношений. Однако далеко не все понимают, что между ними нет и одно-многозначных, и даже много-многозначных (полиморфных) отношений. Для ЕЯ характерна не многозначность, а скорее неопределеннозначность. Неопределеннозначность выражений ЕЯ часто связана с его эллиптичностью, т.е. с пропуском важных уточняющих элементов высказывания. Нередко о существовании эллипсиса можно догадаться исключительно из контекста.

Таким образом, в ИИ нам необходим стандартизированный в соответствии с некоторым ограниченным числом правил вариант сужения ЕЯ. В стандартизованном или канонизированном естественном языке должна быть эксплицирована глубинная семантика, непосредственно связанная с мышлением и позволяющая давать интерпретацию предложения независимо от особенностей конкретного ЕЯ. Согласно В.В.Мартынову, именно

отсутствие такой экспликации лишило грамматику Монтегю возможности стать эффективным средством ИИ.

Канонизация ЕЯ может проводиться на базе двух противоположных стратегий: а) стратегии, ориентированной на конкретную предметную область; б) стратегии, инвариантной по отношению к предметной области. Для В.В.Мартынова больший интерес представляет второй случай, когда для синтеза любой «семантической микросхемы» мы должны определить систему базовых единиц - примитивов.

## 2.2 Некоторые методологические аспекты работ В.В.Мартынова

При развитии семиологического подхода к ИИ с целью создания языка представления знаний и диалога типа «Универсальный семантический код» (УСК) профессор В.В.Мартынов разработал свой вариант открытой, системной, междисциплинарной методологии, которая схематически изображена на рисунке 1. Опишем подробнее ее составляющие. Для этого приведем обоснование необходимости построения УСК как многофункционального языка. Профессор В.В. Мартынов начинает с определения проблемы в целом и общих требований к УСК [Мартынов, 1974, 1977, 2001].



Рисунок 1 – К методологии научного исследования В.В. Мартынова

Нам нужен реальный язык общения, диалога человека с компьютером. Этот язык следует строить на основе наиболее общих закономерностей ЕЯ. Необходимо предварительное выделение таких лингвистических универсалий. Как это сделать? Здесь профессор В.В.Мартынов ссылается на такие малоизвестные для большинства лингвистов авторитеты как Д.Гильберт и А.Тарский.

Еще в самом начале XX-го века Д.Гильберт раскрыл понятие «метаязыка» и построил новую аксиоматику для геометрии Эвклида, а в 1930-е годы А.Тарский высказал предложение о

целесообразности аксиоматизации языка, построении аксиом ЕЯ на основе множества высказываний с последующим определением основных правил, с помощью которых из аксиом будут получены теоремы.

Следуя этим идеям, В.В.Мартынов показывает необходимость для создания УСК привлечь в лингвистику аксиоматический (дедуктивный) метод, т.е. такой способ построения научной теории, при котором в ее основу кладутся некоторые исходные предложения, называемые аксиомами, а все остальные предложения получаются как следствия из этих аксиом. Иными словами, надо заменить простое представление примитивов их исчислением с разграничением языковых и метаязыковых элементов.

В общем случае, исчисление – это формальный аппарат оперирования со знаками и их сочетаниями определенного вида. Исчисление как дедуктивная система предполагает способ задания множества путем указания исходных элементов, аксиом исчисления и правил вывода.

Разрабатываемый язык должен представлять собой некоторую обозримую семантическую сеть и удовлетворять важному условию минимальной семантической удаленности соседних вершин. Сама семантическая сеть должна быть представима алгебраическими средствами.

В [Мартынов, 2001] ставится задача построения алгоритма (модели), позволяющего заменить представление примитивов языка их исчислением. Она решается автором с помощью абстрактных алгебр Линденбаума и Лукаевича путем построения классификатора примитивов (т.е. по сути, онтологии верхнего уровня) в виде ориентированного графа и разработки изоморфного ему векторного представления. Векторные модели вместе с моделями на основе графов позволяют получить систему примитивов в виде вложенных баз знаний, причем множество примитивов не постулируется, а рекурсивно исчисляется.

Итак, в методологии В.В.Мартынова во-первых речь идет об интеграции методов и моделей лингвистики (структурной и комбинаторной семантики), семиотики, психологии (психологии памяти и психологии мышления), информатики «внутри квадрата» на рисунке 1. Так в информатике под кодом понимается универсальный способ отображения информации, задаваемый через соответствие между элементами сообщений и сигналами, с помощью которых они фиксируются. Код часто определяется как совокупность правил или ограничений, обеспечивающих требуемое функционирование некоторой знаковой системы. Семантический код – это языковой знак, который представляет собой производную единицу, состоящую из более простых единиц – семантических множителей. При семантическом кодировании информации придается определенный смысл.

Очень интересным представляется также сопоставление генетического и языкового кода [Мартынов, 2001 и 2009]. Среди всех систем передачи информации только генетический код и языковой код базируются на использовании таких дискретных компонентов, которые сами по себе не имеют смысла, но служат для построения минимальных единиц, имеющих смысл.

Несомненным достоинством подхода В.В.Мартынова является опора на экспериментальные модели психологии памяти, в частности, на результаты И.Хофмана, согласно которому информация в кратковременной памяти может храниться только в форме внутреннего семантического кода [Хофман, 1986]. Отсюда вытекают следующие положения: 1) в основе человеческого мышления лежит наш внутренний семантический код, который конструирует общую картину мира; 2) этот код принадлежит подсознанию и должен передаваться по наследству, т.е. быть включенным в семантический код; 3) в плане построения УСК требуется создание моделей внутреннего семантического кода.

Во-вторых, при разработке моделей УСК Виктор Владимирович изучил ряд разделов современной математики (абстрактную алгебру, математическую логику, аксиоматическую геометрию, теорию графов) и успешно применил их методы и подходы.

А в третьих, профессору В.В.Мартынову удалось вскрыть глубокие внутренние связи между лингвистикой и абстрактной алгеброй, семиотикой и геометрией. Справедливости ради, надо отметить, что еще Ч.С.Пирс писал заметки о возможности представления языка в алгебраической записи или геометрическом изображении, а В.В.Налимов рассмотрел функции математики как языка природы и науки. При этом структура «чистой» математики уподобляется им грамматике языка прикладной математики: если математика в прикладных задачах играет роль языка, то математические структуры этого языка естественно рассматривать как его грамматику [Налимов, 1979].

С иерархией языков связано понятие метаязыка. Так язык математики, используемый для описания прикладных задач, выступает в роли метаязыка по отношению к языку, на котором ранее формулировались и обсуждались эти задачи. Например, язык математической статистики стал метаязыком по отношению к теории измерений. Аналогично В.В.Мартынов считает, что лингвистическая семантика и логическая семантика находятся на разных уровнях исследования: первая относится к языку, а вторая – к метаязыку.

Связь между лингвистикой и математикой он раскрывает в [Мартынов, 2001], показывая, что лингвистика и «чистая» математика – единственные две науки, в которых объект и инструмент исследования фактически совпадают. В области лингвистики в последнее время бурно развивается

типология универсалий. Речь идет о так называемых абсолютных универсалиях, т.е. закономерностях, характерных для всех ЕЯ и описываемых в виде «во всех языках есть А». Наличие таких универсалий в некоторой (например, семиотической) системе означает, что она способна выполнять роль, подобную роли ЕЯ.

Аналогичное явление мы наблюдаем в области алгебры которая стала универсальной алгеброй, определяемой как множество элементов (объектов), на котором задано множество операций любой природы.

Построив алгебру семантического кода, профессор В.В.Мартынов наглядно раскрыл связи между лингвистическими универсалиями и абстрактными алгебрами.

Следуя Н.А.Васильеву и Я.Лукаевичу, широко использовавшим геометрические аналогии для построения неаристотелевых логик, и развивая тезис Л.Витгенштейна о том, что область наших первичных пространственных представлений лежит в основе логических построений языка, В.В. Мартынов ввел геометрические представления в семиотику. Уже в своей ранней книге [Мартынов, 1966] он утверждал, что семиотика должна строиться как дедуктивная наука и как своеобразная геометрия знаковых систем. Объясняя эту мысль, он сравнивал первую и вторую сигнальные системы

Сигнальная система животных ситуационно связана: получаемый сигнал и соответствующее действие животного практически совпадают во времени. Человек же оперирует тремя обобщенными временами: прошлым, настоящим и будущим. Он может анализировать прошлое, наблюдать настоящее и планировать будущее, что нашло отражение в чрезвычайно богатой знаковой системе, которая ситуационно свободна. Это служит обоснованием положения о том, что геометрия второй сигнальной (знаковой) системы есть геометрия времени [Мартынов, 1966], поскольку знаки как семиотические единицы имеют протяженность и направленность во времени.

В качестве базовой структуры примитивов для УСК берется четверка  $(X, Y, Z, W)$ , где некто  $X$  посредством инструмента  $Y$  воздействует на объект  $Z$ , в результате чего получается продукт  $W$ . Сам В.В.Мартынов говорил о близости этой структуры к идеям *праксеологии* – варианта общей теории систем Т.Котарбинского, который писал: «при выполнении любой работы всегда налицо агент действия, его цель, инструмент действия и некоторый продукт труда [Котарбинский, 1963].»

### 3. Универсальный семантический код: лингвистические основы, принципы построения, структура и тенденции развития

Еще в 1960-е годы в научной среде

специалистов по ИИ возникло понимание того, что без структуризации знаний, без создания удобных и наглядных средств их формального представления и преобразования создать системы искусственного интеллекта невозможно. В работах [Мартынов, 1990 и 2009] предложена общая классификация моделей и средств представления знаний, приведенная в таблице 1.

Таблица 1 – Средства представления знаний

Критерии \ Классы	Собственные средства представления семантики	Собственные средства преобразования семантики
Информационные носители	–	–
Языки семантического представления	+	–
Логические системы	–	+
Универсальный семантический код	+	+

Первый класс моделей условно назван «информационными носителями». Сюда относятся фреймы и семантические сети. По мнению В.В. Мартынова, их нельзя называть языками, поскольку они не имеют собственных средств представления и преобразования знаний. Высказывания на естественном языке, погруженные в семантическую сеть или фреймовую систему, остаются такими же высказываниями на ЕЯ. Поэтому такие удобные для компьютерной обработки модели не снимают общих трудностей представления и преобразования знаний.

Ко второму классу относятся языки семантического представления. В основе этих языков лежат некоторые семантические примитивы, которые формируют семантическую запись высказывания. Здесь в первую очередь могут быть названы модель концептуальной зависимости Р.Шенка и модель «смысл-текст» И.А.Мельчука. Примитивы данных моделей не претендуют на полноту, независимость и непротиворечивость, так как эти модели разрабатывались эмпирическим путем. К этим же проектам примыкают примитивы Л.Вежбицкой, ролевая грамматика, основанная на теории глубинных падежей Ч.Филлмора, «силовая динамика» Л.Талми. В целом, языки семантического представления имеют собственные (хотя и довольно ограниченные) средства представления знаний, но лишены развитых средств их обработки.

Третий класс образуют логические средства, в частности, исчисление предикатов первого порядка, модальные логики. Основной их недостаток заключается в отсутствии собственных средств семантического представления. Понимание этого недостатка привело к созданию псевдофизических логик и других специальных логик для ИИ. Тем не менее, неясно, как на основе псевдофизических логик (их общее количество не ограничено, а соотношение пока не проведено) строить целостное представление мира, и как обеспечить полноту этого представления.

Четвертый класс формируют языки типа «Универсальный семантический код» (УСК). Сама идея создания языка типа семантического кода была впервые высказана известным французским этнографом К.Леви-Строссом. Подобные языки не зависят от того, какой фрагмент мира описывают, и отличаются полной экспликацией смысла (каждый комбинаторный вариант цепочки элементов имеет один и только один смысл). Еще одним важным требованием является способность формировать новые понятия и строить гипотезы о причинах и следствиях ситуации. Все это реализуется в УСК путем формальных преобразований цепочек символов. Таким образом, языки типа УСК представляют собой дедуктивные системы, семантика которых не задается, а исчисляется. В итоге УСК располагает собственными средствами представления и преобразования семантики.

В качестве минимальной или ядерной лингвистической цепочки В.В.Мартынов берет трехчленную структуру «субъект (*S*) - действие (акция *A*)-объект (*O*), т.е. цепочку *SAO*. Здесь акция *A* есть глагольный узел (или предикатное ядро), выступающий по Теньеру как центр предложения. Этот центральный элемент цепочки характеризует отношение доминирования субъекта над объектом. или иначе выражает любую форму воздействия субъекта на объект; чаще всего, это перемещение объекта, включая удержание, или преобразование объекта, включая его создание или уничтожение.

С одной стороны, выбор позиционной цепочки данного вида в качестве базового смыслового компонента обоснован бинарностью отношения, а с другой стороны, он объясняется лингвистическими универсалиями: трансформацией актива в пассив и конверсного преобразования доминирующего и доминируемого элементов.

В данном контексте сам язык ограничивается тройкой «имя 1 – глагол – имя 2», а все остальное относится к метаязыку, организующему основной текст. К числу таких метаязыковых элементов относятся местоимения и числительные, а в чистом виде, предлоги и союзы. Местоимения выполняют в основном указательные и заместительные функции, числительные – порядковые и количественные. Союзы осуществляют временные преобразования, а предлоги – пространственные.

Практически любой языковой текст может быть построен на основе стандарта организованных цепочек с расширением их посредством актуаторов для центра и модификаторов для крайних членов (маргиналий). При этом модификаторы задаются прилагательными, а актуаторы – наречиями. Поэтому в качестве базовых операций автором УСК рассмотрены такие операции как: конверсия ядерной цепочки, т.е. обмен элементами *S* и *O*, стоящими в маргинальных позициях; варианты композиции (мультипликация) элементов в крайних позициях, например, параллельная  $S_1/S_2$  или последовательная  $S_1S_2$ .

Канонизация ЕЯ у В.В.Мартынова начинается с учета эллипсисов. В УСК неопределеннозначность, вызываемая эллипсисами, может сниматься с помощью презумпций (горизонтальный контекст) и пресуппозиций (вертикальный контекст). Здесь термин «презумпция» означает языковую картину мира, а «пресуппозиция» – общую модель мира. отражающую индивидуальный или коллективный опыт. Так презумпции воздействия и намерения, выражаемые ниже словами в скобках, например, «художник задумал (создать) оригинальную картину» или «отец садится за стол (намечаясь) обедать», позволяють установить утраченные в процессе синтаксической конденсации (сжатия) категории воздействия и потенциального действия. Понимание фраз не ЕЯ обеспечивается так называемой пресуппозицией, т.е. по сути всем предшествующим индивидуальными коллективным опытом. Пресуппозиция когнитивно предшествует высказыванию, так как это – предположение о знаниях собеседников.

Расширение ядерной цепочки в цепочку с двумя субъектами ( $S_1-S_2-A-O$ ) или цепочку с двумя объектами ( $S-A-O_1-O_2$ ) позволяет реализовать другие стратегии семантической конденсации. В УСК были также введены кванторы и модальные операторы.

В общем случае УСК описывается алгеброй

$$A = \langle M, \rightarrow, \neg \rangle,$$

где *M*- множество, а  $\rightarrow$ ,  $\neg$  – суть бинарная операция импликации и унарная операция отрицания. При этом обе этих операции являются составными, образованными как композиции элементарных импликаций и отрицаний соответственно.

В монографии Д.А.Поспелова [Поспелов, 1986] дан краткий обзор УСК и указаны основные принципы его создания: 1) полная экспликация смысла; 2) независимость от предметной области; 3) недоговорной характер семантики метауровня, жестко задаваемой семантикой простых ядерных конструкций и синтаксисом производной цепочки; 4) Неполнота правил преобразования цепочек друг в друга.

Всего было реализовано шесть версий универсального семантического кода: 1) УСК-1 (1974г.); 2) УСК-2 (1977 г.); 3) УСК-3 (1983 г.); 4) УСК-4 (1988 г.); 5) УСК-5 (1996 г.); 6) УСК-6 (2001 г.). Последний вариант УСК, а именно, УСК-6, уже полностью опирается на УСК-алгебру с ее аксиомами порождения и преобразования.

Согласно В.В.Мартынову, создание на основе внутреннего семантического кода базового компьютерного языка, способного порождать знаковую систему с встроенным в нее универсальным решателем интеллектуальных задач, позволит перейти к конструированию интеллектуальных роботов [Мартынов, 2001]. Мы находимся на пороге эры семантических и семиотических интеллектуальных систем, т.е.

систем в которые смысл вложен в формализмы представления.

#### 4. О вкладе В.В.Мартынова в становление когнитивной лингвистики, семиотики и информатики

В знаменитом отчете *Converging Technologies for Improving Human Performance*, подготовленного в 2002 г. М.Роко и У.Бейнбриджем в Всемирном центре оценки технологий (WTEC), при описании перспектив развития нашей цивилизации был введен термин NBIC-конвергенция, означающий формирование нового технологического уклада в результате схождения нано-, био-, инфо- и когно-технологий (NBIC по первым буквам областей: *N* - нано; *B* -био; *I* -инфо; *C* -когно). Это объясняет все возрастающий интерес к когнитивной науке, обеспечивающей теоретическую базу для широкой реализации пока еще наименее развитого компонента NBIC.

Сегодня когнитивная наука (когнитивистика) есть обширная междисциплинарная область, занимающаяся исследованием процессов познания и когнитивных систем. Она стремится ответить на вопросы, что такое познание и как оно работает, каковы общие принципы организации и механизмы функционирования мозга. Когнитивистика как синергетическое научное направление объединяет ряд гибридных микронаук, в том числе теорию познания, когнитивную психологию, когнитивную лингвистику и семантику, нейрофизиологию (и, вообще комплекс нейронаук), искусственный интеллект. На наш взгляд, вклад профессора В.В.Мартынова в современную когнитивную науку (см.рисунок 1) заслуживает отдельного обсуждения.

Само название последней книги выдающегося белорусского лингвиста «В центре сознания человека» [Мартынов, 2009] показывает, что автор стоит на позициях *когнитивной лингвистики*, т.е. рассматривает язык и как единый механизм познания, и как проявление общей способности человека познавать мир, других людей и самого себя. В целом, лейтмотивом всей книги является неразрывная связь между знанием и языком.

В когнитивной лингвистике отбрасывается традиционное разделение лингвистики на фонологию, синтаксис, морфологию и пр. [Маслова, 2004]. Здесь в центре внимания оказывается *когнитивная семантика*, связанная с конструированием смысла и представлением знаний. В результате когнитивной деятельности создается система смыслов, определяющая, что субъект знает и думает о мире («образ мира» у А.Н.Леонтьева). Часто используемая лингвистами категория пресуппозиции является показательным примером внеязыковой категории, напрямую связанной с моделью мира.

По сути, в когнитивной лингвистике язык понимается как средство доступа к познавательным процессам. При этом изучаются связи отдельных когнитивных процессов и способностей человека с языком и формы их взаимодействия.

Таким образом, одной из главных категорий когнитивной лингвистики является категория «знания»; при этом исследуются как виды знаний, так и способы их языкового представления. Специалисты по когнитивной лингвистике стремятся понять, как протекают процессы восприятия, узнавания, осмысления, классификации, категоризации, абстракции, как происходит формирование и накопление знаний. Одной из главных инструментов познания является языковая коммуникация, связанная с обменом знаниями.

В математической логике имеется независимо существующий синтаксис, также независимо существующие модельные структуры и принципы отображения синтаксиса на модельные структуры. Естественный язык устроен по-другому. Он возник вместе со значением, и когда мы мыслим при помощи ЕЯ, мы мыслим о вещах в терминах, которые имеют значение [Лакофф, 2004]. При этом рассматриваются гештальты и такие базовые схемы как «целое-часть», «центр-периферия», «источник-путь-цель», «вместилище» и др. (см.[Кузнецов, 2012]).

По В.В.Мартынову [Мартынов,2001 и 2009], язык есть форма существования знания в виде системы знаков. Любые знания приходят к человеку через язык, а язык возникает тогда, когда исходная система сигналов превращается в знаковую (семиотическую) систему. Таким образом, когнитивная лингвистика у него оказывается неразрывно связанной с *когнитивной семиотикой*.

В [Валькман, 2013] указано, что появление когнитивной семиотики предполагает движение когнитивных наук и семиотики встречным курсом. С одной стороны, когнитивная семиотика есть наука о получении знаний из знаковых структур, а с другой стороны, речь идет о синтезе знаковых конструкций, представляющих соответствующие структуры знаний. Типичным способом получения процедурных знаний из знаковой структуры является анализ связей между именем 1, понятием 2, представлением 3 и денотатом 3' в треугольнике Фреге (рисунок 2): 1-2 – описание; 2-1 – обозначение; 1-3 – представление; 3-1 – именование; 3-3' – обобщение; 3'-3 – конкретизация.

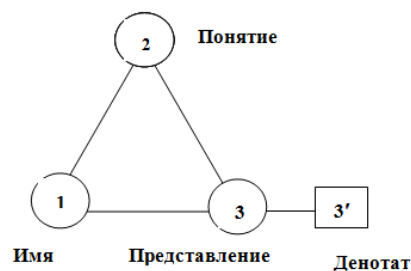


Рисунок 2 – Вариант треугольника Фреге



В русле когнитивной семиотики центральное место занимает определение соответствий между знаковыми структурами и структурами знаний. Здесь замечательным примером является описанное в [Поспелов, 1999] соотнесение знаков и фреймов и введение структуры знака-фрейма (рисунок 2).

Так, например, паре процедур 1 соответствуют поиск информации по адресу и ассоциативный поиск информации по содержанию, а паре процедур 2 отвечают приобретение знаний и построение конкретных представлений на базе понятия, т.е. порождение экзофреймов на основе имеющегося протофрейма.

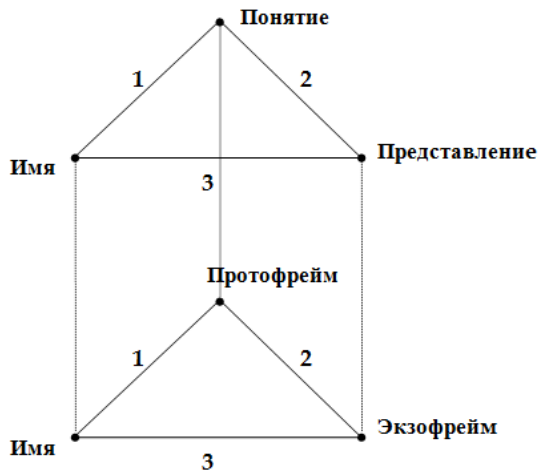


Рисунок 3 – К определению знака-фрейма

На наш взгляд, приведенное выше из статьи [Валькман, 2013] определение когнитивной семиотики следует расширить и не ограничиваться только уровнем знаний. С одной стороны, ее можно интерпретировать как науку о развитии моделей и методов познания и конструирования смысла на основе знаковых структур. С другой стороны, она занимается проблемами семиозиса, формирования семиотических отношений для когнитивных процессов и систем любого уровня (восприятие, представление, мышление). Здесь следует введенное Ч.С.Пирсом понятие семиозиса как постоянного движения знака. Семиозис у него включает две одинаково важные части: производство знаков и их интерпретацию. При этом, все, входящее в процесс семиозиса, становится знаком.

В данном контексте рассмотрим некоторые системы классификации знаков. В [Моррис, 1983] проводится различие между лингвистическими знаками. Выделены: а) знаки-идентификаторы (т.е. те знаки, которые отвечают на вопрос "где?"); б) знаки-десигнаторы (знаки, отвечающие на вопрос "что такое?"); в) оценочные знаки, связанные с предпочтением, которые отвечают на вопрос "почему?"; г) прескриптивные знаки (отвечающие на вопрос "как?"); д) формирующие, или знаки систематизации (направляющие поведение интерпретатора в отношении других знаков).

Следуя Ч.С.Пирсу [Пирс, 1999], профессор В.В.Мартынов в монографии [Мартынов, 2009]

приводит ряд других интересных классификаций знаков, представляющих интерес для когнитивной семиотики. В частности, им рассмотрен переход от симптома к знаку в плане возрастания семантического наполнения (таблица 2).

Таблица 2. Переход от симптома к знаку

	Информативность	Коммуникативность	Номинативность
Симптом	+	–	–
Сигнал	+	+	–
Знак	+	+	+
X - субъект	Y-инструмент	Z - объект	W-результат

Наконец, когнитивная информатика есть междисциплинарная область на стыке психологии, лингвистики, ИИ и нейронаук, изучающая механизмы и процессы переработки информации человеком и варианты их инженерной реализации на компьютерах. Первоначально, это направление ограничивалось разработкой методов и систем обработки информации с целью получения знаний и их использования при решении задач проблемной области. В его рамках сформировался подход к формированию интеллектуальных систем с автоматическим приобретением знаний путем обучения и самообучения [Станкевич, 2006]. Здесь пионерской разработкой стала система Eurisco Д.Лената (вариант развития методологии ее создания в контексте УСК хорошо описан в книгах В.В.Мартынова [Мартынов, 2001 и 2009]).

Современное представление когнитивной информатики (по В.В.Мартынову) определяет ее главную проблему как поддержку и усиление человеческих способностей познания, понимания, обучения с помощью информационных технологий, нового поколения (с программно-аппаратной реализацией искусственных когнитивных структур) обеспечивающих дружественный интерфейс для сотрудничества человека и компьютера. В этом плане создание компьютерных чипов с реализацией на одном кристалле цепочек УСК представляется прорывной задачей стратегической NBIC-конвергенции технологий будущего.

## Заключение

В заключение, следует отметить, что работы В.В.Мартынова являются замечательным примером междисциплинарных исследований на стыке гуманитарных и математических наук. Открытые им связи между лингвистикой и абстрактной алгеброй, семиотикой и геометрией, орграфами и психологическими механизмами познания позволили разработать основы новой методологии создания информационных технологий и построения интеллектуальных систем следующего поколения. Сформулированная В.В.Мартыновым научная программа перехода от внутреннего семантического кодирования в кратковременной памяти к универсальному семантическому коду с последующим созданием УСК-компьютеров, снабженных семантическими платами, и есть одна

из «первых ласточек» в плане формирования когнотехнологий будущего, развития новой гибридной системы «наук-перекрестков», предполагающей симбиоз когнитивной лингвистики, когнитивной психологии, когнитивной семиотики в русле развития когнитивной информатики.

## Библиографический список

[Бойко, 1991] Бойко И.М. Семантическое кодирование и решение интеллектуальных задач/ И.М.Бойко, А.П. Гуминский, В.В.Мартынов // Журнал ТРИЗ, 1991, т.2, №1, с.43-47.

[Валькман, 2013] Валькман, Ю.Р. Когнитивная семиотика: истоки и перспективы/ Ю.В.Валькман//Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте. Сборник научных трудов VII-й международной научно-практической конференции (ИММВ-2013, Коломна, 20-22 мая 2013 г.). – М.: Физматлит, 2013. – Т.1. – С.48-61.

[Гааза-Рапопорт, 1991] Гааза-Рапопорт М.Г. Всесоюзные симпозиумы по кибернетике в Грузии/ М.Г. Гааза-Рапопорт// Новости искусственного интеллекта, 1991, №4, с.82-120.

[Гуминский, 1985] Гуминский А.П. ПОСТРОЕНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ПЛАНИРОВАНИЯ, ОСНОВАННОГО НА УСК / А.П. Гуминский, В.В.Мартынов/ ИЗВЕСТИЯ АН СССР: ТЕХНИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА, 1985, №5.

[Котарбинский, 1963] Котарбинский, Т. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ПОЗНАНИЯ, ФОРМАЛЬНОЙ ЛОГИКИ И МЕТОДОЛОГИИ НАУК. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1963.

[Кузнецов, 2012] Кузнецов О.П. Когнитивная семантика и искусственный интеллект/ О.П.Кузнецов// Искусственный интеллект и принятие решений, 2012, №4, с.32-42.

[Лакофф, 2004] Лакофф Дж. Женщины, огонь и опасные вещи: Что категории языка говорят нам о мышлении: Пер. с англ. – М.: Языки славянской культуры, 2004

[Лотман, 2010] Лотман Ю.М. Семиосфера.–СПб.: Искусство-СПб, 2010.

[Мартынов, 1966] Мартынов, В.В. Кибернетика, семиотика, лингвистика. – Мн.: Наука и техника, 1966.

[Мартынов,1974] Мартынов, В.В. Семиологические основы информатики. – Мн.: Наука и техника, 1974.

[Мартынов, 1977] Мартынов, В.В. Универсальный семантический код. Грамматика, Словарь, Тексты. – Мн.: Наука и техника, 1977.

[Мартынов, 1978] Мартынов, В.В. Семиологические проблемы искусственного интеллекта/ В.В.Мартынов// Известия АН СССР: Серия литературы и языка, 1978, том 37, №1, с.3-9.

[Мартынов, 1979] Мартынов, В.В. Человеко-машинные методы решения задач в системе УСК/ В.В.Мартынов // Вопросы кибернетики, 1979, № 60.

[Мартынов, 1983] Мартынов, В.В. УСК-3: новый вариант/ В.В.Мартынов// Материалы международного симпозиума по ИИ (Одесса, 1983).

[Мартынов, 1984] Мартынов, В.В. Универсальный семантический код: УСК-3. – Мн.: Наука и техника, 1984.

[Мартынов, 1990] Мартынов, В.В. Семантическое кодирование для представления и преобразования знаний/ В.В.Мартынов// Лекции Всесоюзной школы по основным проблемам искусственного интеллекта и интеллектуальным системам. Ч.1 (29 октября-1 ноября 1990г.). – Мн.: САИИ, 1990. – С.46-63.

[Мартынов, 1992] Мартынов, В.В. Семантические особенности представления и преобразования знаний в УСК-5/ В.В.Мартынов// Сборник научных трудов III-й конференции по искусственному интеллекту: в 2-х томах. Т.1. – Тверь: АИИ, 1992. – С.35-37.

[Мартынов, 2001] Мартынов, В.В. Основы семантического кодирования. Опыт представления и преобразования знаний. – Мн.: Европейский гуманитарный университет, 2001.

[Мартынов, 2009] Мартынов, В.В. В центре сознания человека. – Мн.: Изд-во БГУ, 2009.

[Маслова, 2004] Маслова, В.А. Когнитивная лингвистика: учебное пособие. – Мн.: ТетраСистемс, 2004.

[Моррис,1983] Моррис, Ч.У. Основания теории знаков/ Ч.У.Моррис//Семиотика: Антология.–М.: Академический проект, 2001. – С.45-97.

[Налимов, 1979] Налимов, В.В. Вероятностная модель языка. – М.: Наука, 1979.

[Пирс,1999] Пирс, Ч.С. Логика как семиотика: теория знаков /Ч.С.Пирс// Метафизические исследования. Вып.11. Язык. – СПб: Алетейя, 1999. – С.199-217.

[Поспелов, 1970] Поспелов, Д.А. Системный подход к моделированию мыслительной деятельности/ Д.А.Поспелов// Проблемы методологии системного исследования. – М.: Мысль, 1970. – С.333-358.

[Поспелов, 1976] Поспелов, Д.А. Семиотические модели: успехи и перспективы/ Д.А.Поспелов// Кибернетика, 1976, №6, с.114-123.

[Поспелов, 1986] Поспелов, Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. – М.: Наука, 1986.

[Поспелов, 1999] Поспелов, Д.А. Прикладная семиотика/ Д.А.Поспелов, Г.С.Осипов// Новости искусственного интеллекта, 1999, №1, с.9-35.

[Соссюр, 2004] Соссюр де, Ф. Курс общей лингвистики. – М.: Едиториал УРСС, 2004.

[Станкевич, 2006] Станкевич, Л.А. Когнитивный подход к управлению гуманоидными роботами/ Л.А.Станкевич// От моделей поведения к искусственному интеллекту/ Под ред. В.Г.Редько. – М.: КомКнига, 2006. – С.386-443.

[Тарасов, 1997] Тарасов, В.Б. Эволюционная семиотика – новое синергетическое направление в искусственном интеллекте/ В.Б.Тарасов // Искусственный интеллект (Киев, Украина), 1997, №1-2, с.9-20.

[Тарасов,2006]Тарасов,В.Б.Логико-лингвистические модели в искусственном интеллекте/ В.Б.Тарасов// Политехнические чтения. Сборник трудов. Вып.7. Искусственный интеллект – проблемы и перспективы. – М.: РАИИ, 2006. – С.48-68.

[Хофман, 1986] Хофман, И. Активная память: Пер. с нем. – М.: Прогресс, 1986.

## FROM SEMANTIC CODE TO COGNITIVE LINGUISTICS, SEMIOTICS AND INFORMATICS: ON MARTYNOV'S SCIENTIFIC HERITAGE

Tarassov V. B.

*Bauman Moscow State Technical University*

**Vbulbov@yahoo.com**

The paper is aimed to analyze main components of Martynov's scientific heritage. Victor V. Martynov is an outstanding Soviet and Byelorussian linguist, pioneer of semiologic approaches in Artificial Intelligence (AI), initiator of constructing formal linguistic models by using abstract algebras, author of a well-known knowledge representation language called «Universal Semantic Code» (USC). It is obvious that he can be viewed as a father of new pluridisciplinary sciences appeared at the crossroads of some classical areas such as cognitive linguistics, cognitive semiotics, cognitive informatics.

First of all, the author tries to describe some milestones of Martynov's life. Then he considers basic ideas of his semiologic approach to AI, related to linguistic knowledge models and friendly dialogic «man-computer» interface, specifies the fundamentals of Martynov's multidisciplinary AI methodology. Linguistic bases, multidisciplinary principles and recursive structure of USC are reviewed. A special emphasis is made on eliciting the role of professor Martynov in generating a clump of new cognitive sciences to enable cognitive informatics.