

Russian Academy of Science
Institute of Philosophy

Gerasimova Irena A.

**FORMAL GRAMMAR
AND INTENSIONAL LOGIC**

Moscow
2000

Российская Академия Наук
Институт философии

Герасимова И.А.

**ФОРМАЛЬНАЯ ГРАММАТИКА
И ИНТЕНСИОНАЛЬНАЯ ЛОГИКА**

Москва
2000

ББК 87.4
УДК 162.6
Г-37

В авторской редакции

Рецензенты:

доктор филос наук *И Ю Алексеева*
доктор филос наук *В И Маркин*

Г-37

Герасимова И.А.

Формальная грамматика и интенциональная логика – М.,
2000. – 156 с.

Стратегия, предложенная американским логиком Ричардом Монтегю, используется для построения формальных грамматик русского языка. Дается систематическое изложение метода. Строится полимодальная интенциональная логика, приспособленная для представления модальных и эпистемических контекстов русского языка. Дан анализ проблемы семантического статуса музыкального события.

Книга предназначена для логиков, лингвистов, математиков, программистов.

ISBN 5-201-02024-0

© И.А Герасимова, 2000
© ИФ РАН, 2000

Оглавление

Введение. Интенциональная логика и семантики естественных языков	7
Глава 1. Грамматика двух простых фрагментов русского языка	10
I. Язык L_{OR} как простой фрагмент русского	10
1. Синтаксис L_{OR}	10
2. Семантика L_{OR}	15
3. Характеристические функции и альтернативные формулировки семантики L_{OR}	22
4. Понятие истины относительно модели	26
II. Язык L_{PR} – фрагмент русского с кванторными выражениями	27
1. Проблема квантификации в русском языке	28
2. Синтаксис L_{PR}	33
3. Семантика L_{PR}	37
Глава 2. Логика высших порядков и интенциональные контексты	43
I. Теоретико- типовые языки	43
1. Понятие типа выражения формализованного языка	43
2. Синтаксис L_{TYPE}	45
3. Семантика L_{TYPE}	46
4. Оператор абстракции лямбда (λ)	47
5. Войшвилло Е.К.: исчисление предикатов, приближенное к естественному языку	54
II. Семантики возможных миров и интенциональные логики	57
1. Интенциональные контексты	57
2. Понятие интенционала у Монтегю	60
III. Интенциональные логики в PTQ	62
1. Синтаксис IL	62
2. Семантика IL	63
IV. Особенности грамматики в PTQ	68
1. Операция перевода	68
2. Синтаксические категории	69
3. Перевод категорий в логические типы	71
Глава 3. Модально-эпистемические контексты и интенциональная логика	79
I. Обсуждение проблемы интенциональности	80

1. Интерпретация глагола "believe" ("полагать") в РТQ	80
2. Дилемма экстенциональности-интенциональности	83
3. Эпистемические ситуации	86
II. Принципы семантики возможных миров	93
1. Структурный подход к конструированию возможных миров	93
2. Фразовая интерпретация эпистемических модальностей	96
3. Речевые ситуации с оборотом "необходимо"	98
III. Грамматика модально-эпистемического фрагмента русского языка	102
1. Множество основных выражений	102
2. Синтаксические правила	104
3. Примеры применения синтаксических правил	106
IV. Интенциональная логика $IL_{ME-TYPE}$	110
1. Синтаксис $IL_{ME-TYPE}$	110
2. Семантика $IL_{ME-TYPE}$	112
3. Перевод фрагмента русского языка L_{RME} в интенциональную логику $IL_{ME-TYPE}$	114
4. Примеры переводов	117
Глава 4. Семантика музыкальной нотации	118
I. Грамматика музыкальной нотации	118
1. Категории музыкальной нотации NL	118
2. Синтаксические правила NL	120
II. Интенциональная логика	128
1. Синтаксические построения	128
2. Семантика IL^{\oplus}	129
III. Перевод языка NL в IL^{\oplus}	134
1. Специальные средства IL^{\oplus}	134
2. Перевод	135
3. Примечания к переводу	138
Заключение. Логика и лингвистика: пути сближения	147
Литература	150

Введение

Интенциональная логика и семантики естественных языков

Привлечение формального аппарата современной логики к описанию и анализу естественных языков к настоящему времени конституировалось в мощное направление в информатике – логический анализ естественного языка. В рамках этого направления ведутся разработки математических моделей грамматик и семантик языков "повседневного" общения. Со стороны логики на становление исследований семантик естественных языков оказали влияние, по крайней мере, три концепции – идеи А.Тарского об уточнении понятия истины в формализованных языках, семантики возможных миров и интенциональные логики.

Семантики возможных миров – метод анализа, сочетающий в себе содержательные и формальные аспекты. Формализм семантик возможных миров, как правило, несет на себе смысловую нагрузку – каждая конкретная модель предназначается для анализа определенного типа контекстов с философскими и познавательными терминами. Точные методы семантик возможных миров были созданы к середине 50-х годов, благодаря независимым работам С.Кангера, Р.Монтегю, Б.Джонсона, А.Тарского, Я.Хинтикки, К.Мередита, И.Томаса, А.Прайора. Выдающуюся роль в становлении метода сыграли работы С.Крипке [1959] по реляционным семантикам, в которых устанавливается связь между свойствами отношения достижимости (relation of accessibility) между мирами и характеристиками модальных понятий, выраженными в аксиомах.

Иногда термин "интенциональная логика" используется как синоним модальных логик, например, [*Van Benthem, Veltman* 1990]. В узком смысле данный термин употребляется для логических языков, предполагающих построение формального синтаксиса и семантики, уточняющих понятие смысла языкового выражения в специальной терминологии. Традиция различать смысл (англ. sense, meaning, нем. Sinn) и значение (англ. reference, denotation, нем. Bedeutung) выражения языка восходит к работам Г.Фреге [1892]. Первая попытка формально уточнить понятие смысла была сделана Р.Карнатом [1947]. Им была построена се-

мантическая модель интенционального языка, в котором смысл выражения, в терминологии Карнапа – *интенционал* выражения, интерпретируется как *функция*, заданная на множестве описаний состояний (возможных мирах) и выделяющая для каждого отдельного описания состояния значение выражения, или *экстенционал* в терминологии Карнапа, в данном описании состояния. Первая аксиоматическая система, язык которой явно содержит указание на интенционал и экстенционал, была разработана А. Черчем [1951]. Д. Каплан [1964] предложил для нее семантику в духе Карнапа.

Фундаментальное развитие интенциональная логика получила в трудах Ричарда Монтегю (60-е годы) – американского математика и логика, сложившегося в школе Тарского. Монтегю соединил принципы интенциональной логики с идеями простой теории типов, лямбда-абстракцией, теорией категорий К. Айдукевича. В итоге им были разработаны мощные интенциональные теоретико-типовые языки, обладающие способностью воспроизводить структуры обширных фрагментов естественного языка. Часто в литературе направление, начало которого положил Монтегю, называют *категориальными* (или *типовыми*) *грамматиками*.

Детальный анализ программы Монтегю дан в солидной монографии Доути [Dowty 1979] на английском языке, на французском языке Гочетом [Gichet 1982], на русском языке с подходом Монтегю можно ознакомиться по недавно вышедшей книге "Логический подход к искусственному интеллекту. От модальной логики к логике баз данных". М. Мир. 1998.

К настоящему времени метод Монтегю претерпел существенные изменения. На основе учета последних достижений символической логики были изобретены точные инструменты анализа многочисленных фрагментов различных языков. Отметим лишь некоторые направления в данной области. Широкое признание приобрели работы соратника Монтегю Парти и ее школы по грамматикам английского языка [Partee 1978, 1979]. Отечественный читатель может ознакомиться с исследованиями семантик Монтегю, проводимых венгерскими учеными школы Руже по книге "Модальные и интенциональные логики и их применение к проблемам методологии науки". М. 1984., а также исследованиями японских ученых школы Ишимото по трудам, опубликованным в периодическом издании "Логические исследования". Вып.2. [Ишимото 1993].

Цель настоящей работы – использовать методы неклассических логик в сочетании с принципами подхода Монтегю для анализа модальных, временных, эпистемических контекстов русского языка, а также языка музыкальной нотации. Данная цель реализуется следующим образом:

– Дается подробное поэтапное описание метода. Изложение начинается с введения в языки первопорядковой логикой (первая глава) и заканчивается построением языков второпорядковой логикой (вторая глава). В первой главе строится грамматика русского языка с кванторными выражениями. Обсуждаются проблемы квантификации в русском языке.

– Во второй главе анализируются исходные принципы метода Монтегю, обсуждается проблема интенциональных контекстов и идеи семантик возможных миров; постепенно вводятся новые элементы техники и обсуждаются возможности данного типа семантик в анализе естественного языка.

– В третьей главе рассматриваются ограничения метода Монтегю в анализе эпистемических контекстов. Исходя из современного понимания проблемы интенциональных контекстов, критически осмысливается дилемма интенциональности-экстенциональности; определяется понятие "составного субъекта", формулируются новые принципы восстановления знания в эпистемической логике, анализируются возможности семантического анализа речевых фраз с оборотом "необходимо".

– Дается семантика полимодального фрагмента русского языка. Данная задача решается поэтапно: (1) сначала строится категориальный фрагмент русского языка L_{RME} , затем (2) строится полимодальный интенциональный язык $IL_{ME-TYPE}$, содержащий модальные, временные, эпистемические модальности (3) конструируется семантика возможных миров для этого языка и (4) определяется операция перевода выражений языка L_{RML} в выражения языка $IL_{ME-TYPE}$. Анализируются конкретные примеры контекстов русского языка.

– В четвертой главе обсуждаются возможности построения семантик музыкальной нотации. Строится грамматика музыкальной нотации, специальный двухуровневый интенциональный язык и определяется операция перевода. Уточняется семантическое понимание музыкального события.

Автор выражает признательность и благодарность своим коллегам, оказавшим помощь и поддержку в написании этой работы – докторам философских наук, профессору Е.Д.Смирновой, А.М.Анисову, А.С.Карпенко.

Глава 1

Грамматика двух простых фрагментов русского языка

Вопрос о прямом построении семантики для формальных грамматик, то есть без языков посредников, решается положительно относительно очень простых фрагментов естественного языка. Примером могут служить синтаксические построения, содержащие только собственные имена, общие имена, глаголы, допускающие теоретико-множественную трактовку в качестве предикатов первого порядка, а также кванторные выражения в простейших контекстах. В этой главе мы рассмотрим два простых фрагмента русского языка, анализ которых можно осуществить, используя такие языки логики предикатов, как логика предикатов без кванторов и логика предикатов с кванторами. Грамматика фрагментов естественного языка строится посредством точных процедур построения синтаксиса и семантики. В этих целях будем придерживаться определенных стратегий, принятых в современной логике. Формулировка синтаксиса включает рекурсивное определение правильно построенного языка. Оно дается поэтапно. Сначала задаются основные категории рассматриваемого языка, а затем показывается, как из правильно построенных выражений одних категорий можно перейти к правильно построенным выражениям других категорий. Семантика строится по аналогии с принципами семантики логики предикатов.

I. Язык L_{OR} как простой фрагмент русского

1. Синтаксис L_{OR}

Рассмотрим следующие категории языка (фрагмента русского), который обозначим через L_{OR} :

- N - имена собственные (names)
- V_i - непереходные глаголы (intransitive verbs)
- V_t - переходные глаголы (transitive verbs)
- S - предложения (sentences)
- VP - глагольные фразы (verb phrases)

Знаки N, Vi, Vt, S, VP , по мысли Монтегю, не есть множества выражений, а суть этикетки или индексы, указывающие на такие множества. Мы будем говорить о выражениях, принадлежащих той или иной категории (множеству выражений, обозначенному через данный индекс). Например, фразу " α есть V_A ", следует понимать как "выражение α принадлежит множеству основных выражений категории V_A ", " α есть N " следует понимать как "выражение α принадлежит множеству выражений категории N " ("собственных имен"). В список категорий вошли лексические категории N, Vi и Vt и нелексические – S и VP .

С помощью лексических категорий образуются множества основных выражений языка. Через символ V_A будем обозначать множество основных выражений категории A . Будем говорить, что α есть V_A в том случае, когда α принадлежит множеству V . Множества основных выражений языка S и VP пусты ($V_S = \emptyset, V_{VP} = \emptyset$). Данные категории используются только для образования выражений, производных от основных выражений языка. Понятие V_A , множества основных выражений категории A , характеризуется следующим образом для языка L_{OR} :

$$(1-1) \quad \begin{aligned} V_N &= \{ \text{Мальволио, Оливия, Цесарио} \} \\ V_{Vi} &= \{ \text{танцует, поет, спит} \} \\ V_{Vt} &= \{ \text{любит} \} \end{aligned}$$

От множества V_A основных выражений языка переходим к множеству выражений произвольной категории A . Понятие множества выражений категории A раскрывается через следующие синтаксические правила, где α и β есть переменные метаязыка:

(1-2) Синтаксические правила L_{OR}

S1. Если α есть V_A , то α есть A .

S2. Если α есть Vi , то α есть VP .

S3. Если α есть Vt и β есть N , то $\alpha\beta'$ есть VP .

где β' есть результат замены имени существительного в именительном падеже на имя существительное в родительном падеже.

S4. Если α есть N и β есть VP , то $\alpha\beta$ есть S .

S5. Если α есть S , то *неверно-что* α есть S .

S6. Если α есть S и β есть S , то α и β есть S .

S7. Если α есть S и β есть S , то α или β есть S .

Следующие фразы русского языка являются примерами правильно построенных выражений сформулированного языка L_{OR} :

- (1-3) 1. *Мальволио спит.*
 2. *Цесарио поет.*
 3. *Неверно-что Мальволио танцует.*
 4. *Оливия танцует или Цесарио поет и Мальволио спит.*
 5. *Неверно-что неверно-что Цесарио танцует.*
 6. *Мальволио любит Оливию.*

Разберем подробней синтаксические правила языка L_{OR} . Правило S1 позволяет рассматривать множество основных выражений данной категории A как подмножество множества всех выражений категории A. В соответствии с правилом S2, все непереходные глаголы – выражения категории Vi, считаются глагольными фразами, или выражениями категории VP. К категории VP также принадлежат выражения, полученные по правилу S3 из сочленения переходных глаголов и имен собственных существительных, при этом возникает необходимость поменять окончание имени существительного, которое в множестве B_N дано в именительном падеже. Объединив переходные и непереходные глаголы в единую группу – категорию глагольных фраз, можно с помощью имен и глагольных фраз образовывать элементарные предложения, в соответствии с S4.

Правила S6-S7 позволяют из одних предложений получить другие предложения, соединяя их союзами *и*, *или* и фразой-отрицанием *неверно-что*. Выражение *неверно-что* в данном случае рассматривается как единое и не разбивается на анализируемые части. Соединительные союзы и отрицание употребляются здесь *синкатегорематически*: они не принадлежат основным выражениям языка и не имеют собственную особую категорию, а выполняют роль технических символов (функций), с помощью которых из одних выражений получают другие.

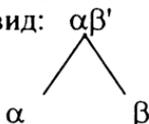
Синтаксические правила (1-2) можно переформулировать в виде *аналитических деревьев*, которые наглядно воспроизводят алгоритм порождения одних выражений из других. В этих целях вводятся специальные порождающие функции F1-F6. В данном варианте мы следуем стратегии Монтегю. Сформулирует правила аналитических деревьев таким образом, чтобы они прямо соотносились с соответствующими синтаксическими правилами. Каждому S_i соответствует A_i , где $1 \leq i \leq 7$. α, β и Γ есть метапеременные.

(1-4) A1. *Мальволио, Оливия, Цесарио* есть N; *танцует, поет, спит* есть Vi; *любит* есть Vt. Указанные выражения заполняют нижние уровни аналитического дерева.

A2. Если α есть Vt, то $F1(\alpha)$ есть VP и $F1(\alpha)$ имеет вид:

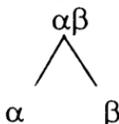


A3. Если α есть Vt и β есть N, то $F2(\alpha)$ есть VP и $F2(\alpha)$ имеет вид:



где β' есть результат замены имени существительного в именительном падеже на имя существительное в родительном падеже.

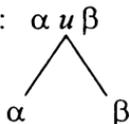
A4. Если α есть N и β есть VP, то $F3(\alpha, \beta)$ есть S и $F3(\alpha, \beta)$ имеет вид:



A5. Если α есть S, то $F4(\alpha)$ есть S и $F4(\alpha)$ имеет вид:



A6. Если α есть S и β есть S, то $A5(\alpha, \beta)$ есть S и $F5(\alpha, \beta)$ имеет вид:

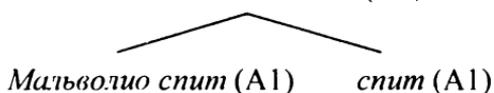


A7. Если α есть S и β есть S, то $F6(\alpha, \beta)$ есть S и $F6(\alpha, \beta)$ имеет вид:



Построим аналитические деревья для примеров из (1-3). Предложению *Мальволио спит* соответствует следующее аналитическое дерево:

(1-5) *Мальволио спит* (A4)



В дальнейшем мы будем по соглашению опускать ссылку на пункт А1, имея в виду, что все самые нижние уровни нитей и узлов

содержат основные выражения языка, определяемые А1.

Предложение *Неверно-что Мальволио танцует* имеет следующее прочтение:

(1-6) *Неверно-что Мальволио танцует* (А5)

Мальволио танцует (А4)

Мальволио танцует

Оливия танцует или Цесарио поет и Мальволио спит может иметь два прочтения:

(1-7)

Оливия танцует или Цесарио поет и Мальволио спит (А6)

Оливия танцует или Цесарио поет (А7) *Мальволио спит* (А4)

Оливия танцует (А4) *Цесарио поет* (А4) *Мальволио спит*

Оливия танцует Цесарио поет

(1-8)

Оливия танцует или Цесарио поет и Мальволио спит (А7)

Оливия танцует (А4) *Цесарио поет и Мальволио спит* (А6)

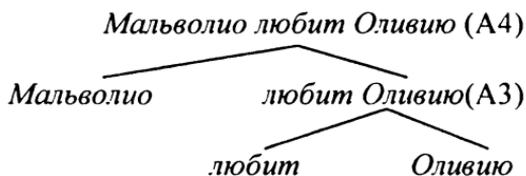
Оливия танцует Цесарио поет (А4) *Мальволио спит* (А4)

Цесарио поет Мальволио спит

Поскольку имеются предложения, допускающие более одного прочтения, синтаксис языка L_{OR} в этом аспекте является *многозначным*. Разным прочтениям соответствуют разные аналитические порождающие процедуры.

Предложению *Мальволио любит Оливию* соответствует следующий анализ:

(1-9)



Выражение *любит Оливию* принадлежит категории глагольных фраз (VP). Если провести аналогию между логикой предикатов первого порядка и языком L_{OR} , то можно обнаружить соответствие между категориями L_{OR} и категориями выражений языка логики с одноместными предикатами. Категории имен (N) соответствуют индивидные константы, глагольным фразам (VP) – одноместные предикаты, союзам *и, или* – логические функторы конъюнкция и дизъюнкция, соответственно, отрицанию *неверно что* – логический функтор пропозиционального отрицания.

Иногда предлагают вариант формулировки синтаксиса L_{OR} , при котором логические союзы берутся *категорематически*. Каждый логический союз имеет свою категорию. В этом случае вводятся дополнительные категории: Neg - отрицание и Conj – союзы.

$$V_{Neg} = \{ \text{неверно-что} \}$$

$$V_{Conj} = \{ \text{и, или} \}$$

Синтаксические правила грамматики S5-S7 нетрудно переформулировать:

S5' Если α есть S и β есть Neg, то $\alpha\beta$ есть S.

S6' Если α есть S, β есть S и γ есть Conj, то $\alpha\beta\gamma$ есть S.

Обратим внимание на то, что такие важные в логическом отношении выражения языка как логические союзы и модальные операторы могут допускать как синкатегорематическую, так и категорематическую трактовку. Можно напрямую, не используя промежуточные языки логики, как это будет сделано в дальнейшем, построить семантику для L_{OR} .

2. Семантика L_{OR}

При построении семантики будем придерживаться традиционной логической стратегии, принимающей *Принцип Композициональности* (или Принцип Фреге): значение целого есть функция значения его составных частей и их способа комбинации. В этих целях, сначала определяется значение каждого основного выражения языка, а затем формулируются семантические прави-

ла, позволяющие определять значение сложного выражения. Семантическая процедура определения значения будет следовать синтаксической процедуре построения правильно-построенной формулы, или, говоря другими словами, воспроизводить путь синтаксического порождения сложного выражения. Каждое из синтаксических правил S1-S7 содержит утверждение о выражениях-на-входе и выражении-на-выходе. Выражения-на-входе комбинируются определенным способом, в результате чего появляется выражение-на-выходе. В варианте формулировки грамматики в виде аналитических деревьев каждому способу комбинации соответствует одна из функций F1-F6. Выражения-на-входе являются аргументами функции, а выражение-на-выходе есть значение функции. Каждому синтаксическому правилу R, имеющему входы $\alpha, \beta, \dots, \eta$ и выход S, можно сопоставить семантическое правило R', которое на входе имеет значения $\alpha, \beta, \dots, \eta$, а на выходе – значение S.

Первый семантический шаг делается относительно определения значений собственных имен. В левой колонке выпишем все основные выражения категории V_N , а в правой – их семантическое значение:

(1-10)	V_N	Семантическое значение:
	<i>Мальволио</i>	Мальволио, дворецкий Оливии
	<i>Оливия</i>	Оливия, графиня из Иллирии
	<i>Цесарио</i>	Виола, переодетая юношей
		Цесарио, дочь Себастьяна из Мессалины

Важно различать два рода сущностей, представленных в (1-10). В левой колонке приведены лингвистические объекты определенной категории, другими словами объекты самого языка L_{OR} . Они выделены курсивом. В правой колонке – содержатся внелингвистические сущности – индивиды некоторого мира, в данном случае литературного мира героев комедии Вильяма Шекспира "Двенадцатая ночь". При другой интерпретации лингвистическим объектам *Мальволио*, *Оливия*, *Цесарио* могут соответствовать внелингвистические сущности "реального мира", живущие ныне, или бывшие когда-либо реальными людьми. Нельзя путать выражения объектного языка L_{OR} с выражениями метаязыка, в качестве которого в данном случае используется русский. Выражение объектного языка *Оливия* используется для обозначения индивида Оливии.

Примем следующее обозначение: под $| \alpha |$ будем понимать семантическое значение лингвистического объекта α . Например, можно записать $| \text{Оливия} | =$ графиня Оливия из Иллирии.

Любое выражение категории V_i (непереходные глаголы) интерпретируются по аналогии с одноместными предикатами, а именно как множества индивидов, относительно которых "истинна предикация" или "истинно сказанное". Например, сочленение имени *Цесарио* с непереходным глаголом *поет* (S4) дает предложение *Цесарио поет*, которое истинно, если Цесарио принадлежит множеству людей, поющих в данное время. Такая трактовка предикатов называется *экстенциональной*, поскольку во внимание принимается лишь количественный аспект предиката (множество сущностей, обладающих свойством, выраженным в данном предикате). Семантическое значение глагола *поет* в принятой записи выглядит:

(1-11) $| \text{поет} | =$ множество людей, поющих в данное время.

Множество людей, поющих в данное время, можно символически обозначить следующим образом: $\{x | x \text{ поет}\}$, читается: множество x таких, что x поет. В таком случае, $| \text{поет} | = \{x | x \text{ поет}\}$.

Обратим внимание на то, что множество людей, поющих в данное время, выделяется из *заданного* универсума индивидов, в данном случае из множества героев "Двенадцатой ночи". Если перевести фразу "предложение *Цесарио поет* истинно, если и только если Цесарио принадлежит множеству индивидов, поющих в данное время" на символический язык, получим следующую запись, где \in есть знак принадлежности элемента множеству:

(1-12) $| \text{Цесарио поет} |$ истинно е.т.е. $| \text{Цесарио} | \in | \text{поет} |$.

В другой записи: $\langle \text{Виола-Цесарио} \rangle \in \{x | x \text{ поет}\}$.

(1-12) воспроизводит схему Тарского для уточнения понятия "истинно" в формализованных языках (См., например, *Смирнова* [1996]). С каждым предложением как лингвистическим объектом категории S в семантике связываются два лингвистических объекта «истинно» и «ложно». Предложение принимает значение «истинно», если и только если имеет место положение дел, описываемое данным предложением. Предложение принимает значение «ложно», если и только если не имеет место положение дел, описываемое данным предложением. Если нам известно значение имени и значение непереходного глагола (одноместного предиката), то значение предложения (результатирующее значение

на-выходе) определить не трудно в соответствии с общей теоретико-множественной трактовкой предикатов (для переходных глаголов категории Vt семантические условия будут сформулированы позже):

(1-13) Если $\alpha \in N$ и $\beta \in V_i$, то $|\alpha\beta|$ истинно е.т.е. $|\alpha| \in |\beta|$.

Синкатегорематические выражения *неверно-что*, *и*, *или* в языке L_{OR} берутся функционально. Их семантическое поведение можно описать по аналогии с соответствующими логическими функциями. Например, опишем условия истинности для союза *или*:

(1-14) Если $\alpha \in S$, $\beta \in S$, то $|\alpha$ или $\beta|$ истинно е.т.е. или $|\alpha|$ истинно, или $|\beta|$ истинно, и $|\alpha$ или $\beta|$ ложно е.т.е. $|\alpha|$ и $|\beta|$ ложно.

Предложение *Оливия танцует или Цесарио поет* истинно, если по-крайней мере одно из условий выполняется: *Оливия танцует* или *Цесарио поет*, а то и оба вместе.

Разберем случай с переходными глаголами – выражениями категории Vt. Если непереходный глагол в семантике ассоциируется с подмножеством некоторого универсума индивидов, обозначим последнее через U, то переходному глаголу можно сопоставить функцию, которая каждому элементу из универсума U ставит в соответствие подмножество U. Например, непереходному глаголу *поет* сопоставляется множество людей, поющих в данное время: $\{x \mid x \text{ поет}\} \subseteq U$ (множество x таких, что x поет, является подмножеством универсума индивидов U.) Предположим, что универсум U состоит из трех индивидов {Мальволио, Оливия, Виола-Цесарио}. Глаголу *поет* соответствует подмножество:

(1-15) $\{x \mid x \text{ поет}\} = \{\text{Оливия, Цесарио}\}$.

Данный факт можно представить на диаграмме, где справа выписаны все непустые подмножества множества U:

(1-16)

$ \text{поет} $	→	{Мальволио}
		{Оливия}
		{Виола-Цесарио}
		{Мальволио, Оливия}
		{Мальволио, Цесарио}
		{Оливия, Цесарио}
		{Мальволио, Оливия, Цесарио}

Разберем случай с переходным глаголом *любит*. Согласно правилу S3 (1-2), сочленение *любит* с именем α дает на-выходе

непереходный глагол *любит* α . Пусть α = Оливия, тогда значение глагольной фразы *любит Оливию* будет выглядеть:



В соответствии с диаграммой (1-17) только два предложения истинны: *Мальволио любит Оливию* и *Оливия любит Оливию*. В символической записи имеем: $\langle \text{Мальволио} \rangle \in \{x \mid x \text{ любит Оливию}\}$, $\langle \text{Оливия} \rangle \in \{x \mid x \text{ любит Оливию}\}$, в другой записи: $| \text{Мальволио} | \in | \text{любит Оливию} |$ и $| \text{Оливия} | \in | \text{любит Оливию} |$.

Можно предложить альтернативный анализ переходных глаголов в терминах упорядоченных пар. Декартово произведение $U \times U$ образует множество пар, и первый, и второй элемент которых принадлежат U . В этом случае $\{ \langle x, \text{Оливия} \rangle \mid x \text{ любит Оливию} \} \subseteq U \times U$ есть множество пар, в которых вторым элементом является Оливия. Перечислим все возможные сочетания: $\{ \langle \text{Оливия, Оливия} \rangle, \langle \text{Мальволио, Оливия} \rangle, \langle \text{Виола-Цесарио, Оливия} \rangle \}$. Некоторые из перечисленных пар принадлежат интерпретации глагола *любит*:

$\{ \langle \text{Оливия, Оливия} \rangle, \langle \text{Мальволио, Оливия} \rangle \} \in | \text{любит} |$.

Возможна альтернативная трактовка, при которой мы из пар образуем множества первых членов пар, где фиксирован второй член пары. Например, $\{x \mid \langle x, \text{Оливия} \rangle\}$ есть множество таких x , которые образуют упорядоченные пары со вторым членом – Оливия. Тогда множество людей, любящих Оливию, принадлежит значению глагола *любит*: $\{x \mid \langle x, \text{Оливия} \rangle \in | \text{любит} | \}$. Читается: множество x таких, что пара $\langle x, \text{Оливия} \rangle$ принадлежит интерпретации $| \text{любит} |$. Технически, функцию можно представить как множество упорядоченных пар, где первым членом будет аргумент, а вторым – значение функции при данном аргументе. Диаграмма (1-17) в альтернативной записи выглядит:

(1-18)
 $| \text{любит} | = [\langle \text{Мальволио}, \{ \text{Мальволио} \} \rangle, \langle \text{Оливия}, \{ \text{Мальволио, Оливия} \} \rangle, \langle \text{Оливия}, \{ \text{Виола-Цесарио, Оливия} \} \rangle]$.

После предварительных пояснений сформулируем семантические правила для L_{OR} . Универсум рассмотрения V_A – множество всех героев *Двенадцатой ночи* Шекспира.

(1-19) А. Основные выражения (множество V_A):

<i>Оливия</i>	= графиня Оливия из Иллирии
<i>Мальволио</i>	= Мальволио, дворецкий Оливии
<i>Цесарио</i>	= Виола-Цесарио из Мессалино
<i>танцует</i>	= множество всех людей, которые танцуют { x x танцует}
<i>поет</i>	= множество всех людей, которые поют { x x поет}
<i>спит</i>	= множество людей, которые спят { x x спит}
<i>любит</i>	= множества функций таких, которые связы- вают с каждым человеком множество людей, любящих данного человека.

В. Семантические правила:

(S1)'. Если α есть V_A , β есть A , то $|\alpha| = |\beta|$.

(S2)'. Если α есть V_i , β есть VP , то $|\alpha| = |\beta|$.

(S3)'. Если α есть V_t , β есть N , и γ есть $\alpha\beta'$, то
 $|\gamma| = \{x | <x, |\beta| > \in |\alpha|\}$

γ есть множества x , таких что пара $<x, |\beta| >$ принадле-
жит значению α .

(S4)'. Если α есть N , β есть VP , и γ есть $\alpha\beta$, то
 $|\gamma|$ истинно е.т.е. $|\alpha| \in |\beta|$.

(S5)'. Если α есть S и γ есть *неверно-что* α , то
 $|\gamma|$ истинно е.т.е. $|\alpha|$ ложно, и
 $|\gamma|$ ложно е.т.е. $|\alpha|$ истинно.

(S6)'. Если α есть S , β есть S , γ есть α и β , то
 $|\gamma|$ истинно е.т.е. $|\alpha|$ истинно и $|\beta|$ истинно,
в противном случае $|\gamma|$ ложно.

(S7)'. Если α есть S , β есть S , γ есть α или β , то
 $|\gamma|$ истинно е.т.е. $|\alpha|$ истинно или $|\beta|$ истинно,
а $|\gamma|$ ложно, е.т.е. $|\alpha|$ ложно и $|\beta|$ ложно.

Рассмотрим пример интерпретации L_{OR} . В язык добавим но-
вое имя – *Орсино* $\in V_N$. Пусть наш универсум состоит из четы-
рех человек $A = \{\text{герцог Орсино, графиня Оливия, дворецкий}$
 $\text{Мальволио, Виола-Цесарио}\}$. Допустим, что Оливия, Мальволио,
Цесарио обозначают индивидов, так как это дано в (1-20).

(1-20)

<i>Орсино</i>	= герцог Иллирийский Орсино
<i>танцует</i>	= {Орсино, Цесарио}
<i>поет</i>	= {Оливия, Цесарио}
<i>спит</i>	= {Мальволио}

|любит| = [Орсино → {Орсино, Виола-Цесарио}],
 [Оливия → {Оливия, Орсино, Мальволио}],
 [Виола-Цесарио → {Виола-Цесарио, Оливия}],
 [Мальволио → {Мальволио}].

Предложение *Мальволио любит Оливию* истинно при данной интерпретации:

(1-21)

1. |Мальволио любит Оливию| истинно е.т.е. |Мальволио| ∈ |любит Оливию| (S4)'.
2. |любит Оливию| = {x | <x, |Оливия| > ∈ |любит|} (S3)'.
3. |Мальволио любит Оливию| истинно е.т.е. |Мальволио| ∈ {x | x, |Оливия| > ∈ |любит|}, замена эквивалентного в 1.
4. |Мальволио| = дворецкий Мальволио, |Оливия| = графиня Оливия,
 [Оливия → {Оливия, Орсино, Мальволио}] ∈ |любит|, согласно интерпретации.
5. |Мальволио| ∈ {x | x любит |Оливия|} из 4.

Предложение *Неверно-что Орсино любит Оливию* ложно в силу того, что |Орсино| ∈ {x | x любит |Оливия|} или, другими словами, герцог Орсино принадлежит значению функции |любит Оливию|. Проанализируем значение предложения *Оливия танцует или Цесарио поет и Мальволио спит*:

(1-22)

1. |Оливия танцует или Цесарио поет и Мальволио спит| истинно е.т.е. |Оливия танцует или Цесарио поет| истинно и |Мальволио спит| истинно (S6)'.
2. |Оливия танцует или Цесарио поет| истинно е.т.е. |Оливия танцует| истинно или |Цесарио поет| истинно (S7)'.
3. |Оливия танцует| ложно, поскольку |Оливия| ∉ |танцует|, но
4. |Цесарио поет| истинно, поскольку |Цесарио| ∈ |поет|.

Отсюда

5. |Оливия танцует или Цесарио поет| истинно, и поскольку
6. |Мальволио| ∈ |спит|, предложение
7. |Оливия танцует или Цесарио поет и Мальволио спит| истинно.

Данный анализ соответствует прочтению (1-7). Нетрудно убедиться, что при прочтении (1-8) данное предложение также истинно. Два прочтения (1-7) и (1-8) не совпали ли бы по значению, если бы изменились условия, скажем таким образом:

| *Оливия танцует* | истинно, | *Цесарио поет* | истинно, | *Мальволио спит* | ложно.

3. Характеристические функции и альтернативные формулировки семантики L_{OR}

Неявно мы использовали идею *характеристической* функции при анализе переходных глаголов. Глаголу *любит* в интерпретации сопоставлялось множество функций от индивидов к множествам индивидов. В общем виде запись X^Y обозначает множество всех функций из Y в X . Среди всех функций выделяем функции, характеризующие некоторое множество. Если A есть множество индивидов и S любое подмножество A , то определение функции f_S на множестве A будет выглядеть следующим образом:

$$(1-23) \quad f_S(A) = \begin{cases} 1, & \text{если } a \in S \\ 0, & \text{если } a \notin S \end{cases}$$

для любого элемента a множества A . f_S называется *характеристической функцией* S относительно A и принадлежит $\{0,1\}^A$ – множеству всех функций из A в $\{0,1\}$. Относительно каждого индивида a из A можно сказать – принадлежит или не принадлежит заданному множеству S . Если a принадлежит S , то оценка 1 (истинно) ассоциируется с a , если a не принадлежит S , то оценка 1 (ложно) ассоциируется с a . Различные способы соотнесенности 1 и 0 с индивидами соответствуют различным множествам (подмножествам A). В таком случае говорят, что имеет место однозначное соответствие между множествами индивидов и их характеристическими функциями.

В параграфе 1.2 интерпретация переходных глаголов давалась в терминах множеств индивидов. Переформулируем условия (1-20) через характеристические функции, которые будем записывать в виде диаграмм в квадратных скобках. В левом столбике помещаются аргументы функции (область определения функции), а в правом – область значения функции, на значение функции при данных аргументах указывают стрелочки.

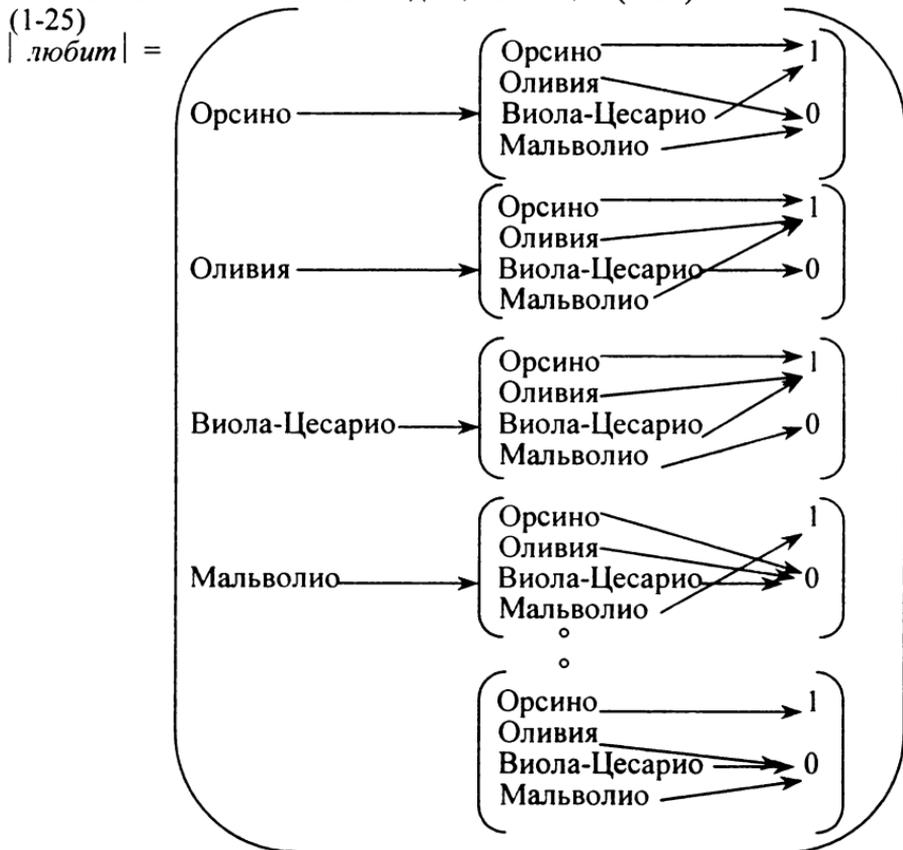
(1-24)





Иного типа функции связаны с переходными глаголами. Значением выражения категории Vt будет функция, которая на-выходе будет иметь также функцию. Областью определения характеристической функции для Vt будет множество индивидов, а областью значения – множество всех функций от индивидов к истинностным значениям. Условия для $| \text{любит} |$ в (1-20):

(1-25)



В соответствии с функциональным подходом, логические функции *неверно-что*, и, или понимаются как функции, отображающие истинностные значения (или пары истинностных значений) в истинностные значения. Синкатегорематическое выражение *неверно-что* трактуется как одна из функций $\{0,1\}^{\{0,1\}}$. В записи лексических правил через аналитические деревья (1-4) соответствует функция F4. Положим, что *неверно-что* есть логическая функция отрицания \neg .

$$(1-26) \quad \neg: \begin{pmatrix} 1 \rightarrow 0 \\ 0 \rightarrow 1 \end{pmatrix}$$

Синкатегорематические выражения *и*, *или* трактуются как две функции из множества функций $\{0,1\}^{\{0,1\} \times \{0,1\}}$. В формулировке аналитических деревьев им соответствуют функции F5 и A6. Положим, что *и* есть логическая функции конъюнкции \wedge , а *или* – логическая функции дизъюнкции \vee .

$$(1-27) \quad \wedge: \begin{pmatrix} \langle 1,1 \rangle \longrightarrow 1 \\ \langle 1,0 \rangle \longrightarrow 0 \\ \langle 0,1 \rangle \longrightarrow 0 \\ \langle 0,0 \rangle \longrightarrow 0 \end{pmatrix} \quad \vee: \begin{pmatrix} \langle 1,1 \rangle \longrightarrow 1 \\ \langle 1,0 \rangle \longrightarrow 1 \\ \langle 0,1 \rangle \longrightarrow 1 \\ \langle 0,0 \rangle \longrightarrow 0 \end{pmatrix}$$

Как мы уже отмечали, характеристические функции и множества есть два способа указания на то, что соотносится с лингвистическими объектами. Монтегю предпочитает формулировать семантическими правила как *правила функционального приложения*, другими словами, приложения функтора к аргументам, и рассуждать в терминах характеристических функций. Допустим, что нам нужно выделить семантическое значение предложения, образованного с помощью имен и непереходного глагола (N+Vi). Правило таково. Нужно приложить функтор, который является семантическим значением Vi, к аргументу, который является семантическим значением N. Результат есть семантическое значение предложения, то есть 1 или 0. Например, истинностное значение предложения $| \text{Мальволио спит} |$ есть значение функции $| \text{спит} |$ при аргументе $| \text{Мальволио} |$. При общепринятой нотации в круглый скобках записываются аргументы, а слева за скобки выносятся функтор. При интерпретации (1-24) предложение $| \text{Мальволио спит} |$ истинно:

$$(1-28) \quad | \text{спит} | (| \text{Мальволио} |) = 1$$

Аналогичным образом записываем значения других функций подобного типа.

Следуя подходу Монтегю, дадим альтернативную формулировку семантики L_{OR} с учетом еще одного обстоятельства. В предыдущей семантической интерпретации. (1-20) допускались семантические многозначности аналогично синтаксическим многозначностям. Примером может служить интерпретация прочтений предложения *Оливия танцует или Цесарио поет и Мальволио спит* (1-22). Для того, чтобы избежать неясностей при многозначности прочтений, будем семантические правила формулировать не относительно предложений, а относительно аналитических деревьев, воспроизводящих структуру фраз. Альтернативное изложение семантики будет соответствовать стратегии аналитических деревьев (1-4).

(1-29)

Универсум V_A : множество героев *Двенадцатой ночи* Шекспира.

A. Основные выражения (множество V_A).

(A1)' $\left\{ \begin{array}{l} \text{Орсино} \\ \text{Оливия} \\ \text{Цесарио} \\ \text{Мальволио} \\ \text{танцует} \end{array} \right\} = \text{герцог Орсино}$
 $\left\{ \begin{array}{l} \text{Оливия} \\ \text{Цесарио} \\ \text{Мальволио} \\ \text{танцует} \end{array} \right\} = \text{графиня Оливия}$
 $\left\{ \begin{array}{l} \text{Цесарио} \\ \text{Мальволио} \\ \text{танцует} \end{array} \right\} = \text{Виола-Цесарио}$
 $\left\{ \begin{array}{l} \text{Мальволио} \\ \text{танцует} \end{array} \right\} = \text{дворецкий Мальволио}$
 $\left\{ \begin{array}{l} \text{танцует} \\ \text{поет} \\ \text{спит} \end{array} \right\} - \text{см. (1-24)}$

Будем использовать треугольник α для любого дерева, разветвляющегося в узле α .



B. Семантические правила.

(A2)'. Если α есть V_i , $F1(\alpha)$ есть β и β имеет вид α , то $|\alpha| = |\beta|$.

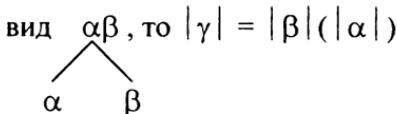


α

(A3)'. Если α есть Vt и β есть N , и если $F2(\alpha, \beta)$ есть γ и γ имеет вид $\alpha\beta'$, то $|\gamma| = |\alpha|(|\beta|)$



(A4)'. Если α есть N и β есть VP и если $F3(\alpha, \beta)$ есть γ и γ имеет вид $\alpha\beta$, то $|\gamma| = |\beta|(|\alpha|)$



(A5)'. Если α есть S и F4(α) есть γ и γ имеет вид *неверно-что* α ,

то $|\gamma| = -(|\alpha|)$.

$$\begin{array}{c} | \\ \alpha \end{array}$$

(A6)'. Если α есть S, β есть S, F5(α, β) есть γ и γ имеет вид α и β ,



то $|\gamma| = \wedge(<|\alpha| \mid |\beta|>)$

(A7)'. Если α есть S, β есть S, F6(α, β) есть γ и γ имеет вид α или β ,



то $|\gamma| = \vee(<|\alpha| \mid |\beta|>)$.

4. Понятие истины относительно модели

Идеи функционального подхода и принцип композиционности наиболее явно и четко реализованы в последней формулировке семантики для L_{OR} (1-29). Семантическое значение предложения (истинностное значение) зависит от структурных свойств его составных частей (лингвистический аспект) и свойств и отношений в реальной ситуации, то есть, зависит от положения дел в мире (внелингвистический аспект). Например, предложение *Мальволио спит* истинно в силу того, что (а) имя *Мальволио* обозначает дворецкого Оливии Мальволио, (б) семантическое значение *спит* есть функция от индивидов к истинностным значениям и данная функция принимает значение 1 при аргументе дворецкий Мальволио; (в) имя Мальволио в сочетании с непереходным глаголом *спит* образует предложение, семантическое значение которого определяется *приложением функции*, которая есть семантическое значение переходного глагола к *аргументу*, который есть семантическое значение имени.

Мальволио спит истинно лишь в определенных ситуациях, точно также предложение *Орсино любит Оливию* истинно при одном положении дел и ложно при другом, скажем, когда герцог оценил достоинства Виолы. В общем случае, истинность предложений зависит от интерпретации основных выражений языка, отражающей факторы изменчивости ситуаций. Для того, чтобы учесть данную изменчивость, в логике используют понятия *модели*, *полумодели* (*возможной реализации*). Заметим, что Монтегю в данном случае использует понятие *интерпретации*, о чем речь

пойдет в следующем разделе. Для того, чтобы не усложнять описание примитивного языка L_{OR} , мы ограничимся термином "модель", который будет пониматься в самом простом смысле. Под *моделью* будем понимать упорядоченную пару $\langle A, F \rangle$, где A есть множество индивидов, F – функция, которая приписывает значения всем нелогическим или дескриптивным терминам. В формальной грамматике таковыми являются все выражения из множества V_A – множества основных выражений языка. Примем следующее обозначение: для любого выражения α запись $|\alpha|^M$ означает фиксацию семантического значения α в модели M .

Моделью для L_{OR} в I.3 будет упорядоченная пара $\langle A_{OR}, F_{OR} \rangle$, где $A_{OR} = \{\text{герцог Орсино, графиня Оливия, Виола-Цесарио, двоюродный Мальволио}\}$, функция F_{OR} определяется как в (1-29) (A1)'. Смысл логических связок (функций) неизменен, они однажды задаются, например, как в (1-26) и (1-27). Предполагается, что логические функции не принадлежат к переменной части модели, отсюда функция F задает значение нелогическим символам или дескриптивным (описательным).

Имеется особый класс предложений, истинность которых не зависит от *переменной части модели* или смысла дескриптивных терминов. Их истинность детерминируется смыслом фиксированной логической части. Такие выражения называют логически истинными высказывания (тавтологии, логические законы, общезначимые предложения). Говорят, что

(1-30) Предложение φ языка L *общезначимо* е.т.е. оно истинно относительно каждой модели для L .

II. Язык L_{PR} – фрагмент русского с кванторными выражениями

Язык L_{OR} – простой фрагмент русского был описан нами в терминах семантики первопорядковой логики предикатов. В отличие от искусственного языка логики, язык L_{OR} не содержал переменных и кванторных слов – терминов, указывающих на количество предметов. Логику называют формальной дисциплиной по той причине, что она имеет дело с формами, а не конкретными фразовыми конструкциями естественного языка. Логика высказываний, например, это теория, описывающая логическое "поведение" высказывательных форм, или иначе говоря, пропозициональных формул (высказываний). Атомарное выражение логики

высказываний – это пропозициональная (высказывательная) переменная, а не конкретное высказывание (предложение). Язык L_{OR} не содержит переменных и в силу этого он не содержит формул, в нем оперируют предложениями, которые истинны или ложны при данной интерпретации констант: собственных имен (N), непереходных глаголов (Vi), переходных глаголов (Vt).

В этой главе мы рассмотрим расширенный вариант L_{OR} , который будем обозначать L_{PR} (обозначение R от слова Russian, русский, P – от слова predicate, предикат или сказуемое). В язык L_{PR} войдут выражения следующих категорий – константы категории нарицательных имен, которую мы обозначим через CN (common noun), константы и переменные категории N (noun – термы, в их числе – собственные имена), а также синкатегорематические кванторные выражения – *каждый* и *некоторые*, и синкатегорематические логические связки *и* (соединительный союз), *или* (разделительный союз) и отрицание – *неверно-что*. Будет введена особая категория фраз, содержащих переменные – категория Form (формул). Семантика L_{PR} строится по аналогии с языком первопорядковой логики предикатов.

1. Проблема квантификации в русском языке

Прежде чем перейти к формулировке синтаксических правил, рассмотрим некоторые аспекты проблемы квантификации в русском языке. Следует отметить, что проблема квантификации для любого естественного языка включает в себя сложный комплекс проблем. Проблема описания кванторных слов в терминах искусственно сконструированных языков до сих пор остается открытой. Наиболее подробное изложение синтаксических и семантических проблем в квантифицированных предложениях дано в монографии *Падучевой* [1974]. Чтобы не усложнять пояснение метода Монтегю, мы обратим внимание лишь на некоторые трудности, которые встают в связи с задачами настоящего исследования.

Ричард Монтегю написал работу, специально посвященную квантификации в английском языке – свою знаменитую *The Proper Treatment of Quantification in Ordinary English* [сокращенно - PTQ]. Именно на ее идеях развивается наш подход, но мы вынуждены вносить изменения в конструирование грамматических построений в силу ряда отличий русского и английского языка. Рассмотрим наиболее существенные различия в актах квантификации в русском и английском языках.

Английский язык, в отличие от русского имеет артикли: определенный артикль *the*, неопределенный артикль *a(an)*, а также так называемый нулевой артикль, т.е. значимое отсутствие артикля (*I like ice-cream* – вообще люблю мороженое). В русском языке артикли отсутствуют, подразумеваемая информация об объекте речи – определенном или неопределенном, обычно улавливается в речевой ситуации. Для внесения определенности и уточнения количественной характеристики объекта используются многочисленные кванторные определители типа *каждый, любой, всякий, некоторый, избранный, какой-то, никакой, данный, все, существует, имеется*.

Каждое из перечисленных выражений, кроме количественного аспекта имеет и качественный аспект, дополняя смысловое значение следующего за ним существительного или фразового оборота. Отсюда, с разными категориями фраз и в различных ситуациях используются специфические квантификаторы. Например, нельзя подобрать единый квантификатор, который подходил бы ко всем существительным. Например, выражения *данный* и *избранный* указывают и называют один предмет, но имеют разные смыслы. Предложение "Книга лежит на столе" в интерпретации "Данная книга лежит на данном столе" отличается от интерпретации "Избранная книга лежит на избранном столе".

Лингвисты подчеркивают, что с кванторными выражениями возникает особые трудности при анализе. Так, значение слова тесно связано с его сочетаемостью с другими словами в контексте. С точки зрения сочетаемости, кванторные слова образуют "сложные пересекающиеся группировки, и для любой группы слов, в каком-то контексте взаимозаменяемых, можно найти контекст, где замена приведет к нарушению грамматической правильности" (*Падучева, 1974*). Например, замена "каждый" на "всякий" или "любой" не проходит для любого контекста. Ср. "Каждый (= всякий, = любой) студент 1 курса изучает логику" и "Каждый (\neq всякий, \neq любой) студент 1 курса забрал свою зачетную книжку".

Обратим внимание еще на одну важнейшую функцию кванторов в языке. Кванторные слова превращают высказывательные формы (или неполные предложения) в высказывания. Напомним, что под высказыванием в классической логике понимается повествовательное предложение, в котором нечто утверждается или отрицается, и может быть истинным или ложным. Если приходится домысливать ситуацию, то в таком случае имеют дело с высказывательной формой. Следующий контекст требует вос-

полнения деталей (пространственно-временных и других координат) для того, чтобы стать полноценным высказыванием: "Лекция по логике закончилась". Добавление квантора делает форму полным высказыванием: "Любое обучение логике предполагает решение задач".

В трансформационных грамматиках принято различать поверхностную и глубинную структуру предложения. Эмпирические предложения естественного языка образуют поверхностную структуру предложения. Структуры, представленные с помощью формальных языков-экспликаторов, целью которых является уточнение поверхностной структурной информации, называют глубинными. Возможна прямая трансформация с поверхностного уровня на глубинный, также возможны варианты с различными уровнями переходов. Для описания акта квантификации Монтегю в РТQ употребляют кванторы слова *every* (каждый) и *some* (некоторые), которые при переходе к глубинной интерпретации можно рассматривать как аналоги универсального квантора (\forall) и экзистенциального квантора (\exists) в стандартной интерпретации. Имеются некоторые отличия английского и русского языка в связи с употреблением этих терминов. Фразовая конструкция после выражений *every* и *some* совпадает по написанию:

- (1-31) 1. *Every student dances.*
 2. *Some student dances.*

Другими словами, после *every* и *some* допускается следование существительного и глагола в единственном числе, тогда как в русском языке (1-31) можно перевести следующим образом:

- (1-32) 1. *Каждый студент танцует.*
 2. *Некоторые студенты танцуют.*

При переводе (1-31, 2) пришлось существительное и глагол поставить в множественное число. В английском языке допускается и множественная трактовка данного примера без изменения значения (*Some students dance.*)

В русском языке термин "некоторый" имеет несколько значений. При стандартном понимании термин *некоторый* имеет смысл *по крайней мере один, а то и все* и употребляется только во множественном числе (пример (1-32, 2)). Данная трактовка соответствует стандартному пониманию логического квантора существования \exists в логике предикатов. Другое значение термина "некоторый" (употребляется только во множественном числе) - *по крайней мере один, но не все* (или *только некоторые*). Третье возможное значение "некоторый" в смысле "некий". Например,

(1-31, 2) можно перевести: "Некоторый студент танцует". Данный контекст допускает следующую интерпретацию. Подразумевается, что говорящему известно, кто из студентов танцует, но он не хочет называть его имя. В приведенном контексте кванторное слово "некоторый" употребляется некванторно, не в функции указания количества.

В русском языке имеются другие неопределенные местоимения, указывающие на "неполное" количество: *некий, несколько, какой-то, какие-то, какой-нибудь, какие-нибудь* и т.д. Рассмотрим следующие примеры.

- (1-33)
1. *Некий студент танцует.*
 2. *Какой-то студент танцует.*
 3. *Какой-нибудь студент танцует.*
 4. *Какие-то студенты танцуют.*
 5. *Какие-нибудь студенты танцуют.*

В (1-33) в предложениях 1 и 2 речь идет об одном, но неопределенном студенте. Предложение 3 допускает множественную трактовку: один, а может быть и больше. Предложение 4 говорит о некотором количестве студентов: несколько, а может быть и все. В предложении 5 делается предположение о хотя бы одном, а то и всех студентах. Для того, чтобы выразить указанные смыслы придется применить особую технику, отчасти, это будет сделано в дальнейшем, в данной главе мы ограничимся стандартным пониманием экзистенциальной квантификации.

Универсальный квантор *все* допускает многообразие смыслов фразы (1-34):

(1-34) *Все студенты танцуют.*

(1-34) можно понимать как указание на тот факт, что большинство студентов танцует, что соответствует трактовке

(1-35) *Студенты танцуют.*

В (1-35) свойство *танцуют* может интерпретироваться как признак родового понятия *студенты*. На глубинном уровне такой интерпретации соответствовал бы особый квантификатор, относящийся к множеству как к неразделяемой совокупности. В логически стандартном классическом смысле *все* истолковывается как все-без-исключения или каждый-без-исключения. Предположим,

(1-36) *Студент Нечитайло танцует.*

выводимо из (1-32,1) и (1-34) при стандартном логическом понимании терминов *каждый* и *все*. Однако оно не выводимо из (1-35). Более того, в конкретной ситуации может оказаться, что ни

один студент не танцует, хотя верно (1-35). В данном случае говорится, что родовое свойство *танцует* не является свойством данных представителей студенчества. (1-35) допускает трактовку и в смысле ограниченных кванторов: "Каждый из студентов танцует". В данном примере подразумевается, что множество студентов включено более в обширное множество, скажем, людей ("каждый человек, будучи студентом, танцует").

В лексику рассматриваемого в данном разделе языка L_{PR} как простого фрагмента русского включим лишь два кванторных слова *каждый* и *некоторые*, которые будут пониматься в стандартном смысле логических кванторов общности (\forall) и существования (\exists).

Еще одна трудность возникает при интерпретации квантифицированных предложений. Рассмотрим следующие предложения:

- (1-37) 1. *Каждый студент уважает себя.*
 2. *Каждый студент уважает своего товарища.*
 3. *Каждый студент считает, что он достоин уважения.*

В предложении 1 употребляется возвратное местоимение *себя*, во 2 – притяжательное местоимение *своего*, а в 3 – личное местоимение в третьем лице – *он*. Обычно указывается, что в (1-37) местоимения с семантической точки зрения не играют роли простой синтаксической замены своих антецедентов. Следующие предложения не являются синонимами (1-37):

- (1-38) 1. *Каждый студент уважает каждого студента.*
 2. *Каждый студент уважает товарища каждого студента.*
 3. *Каждый студент считает, каждый студент достоин уважения.*

Смысл (1-37) можно корректно выразить, сказав, что для каждого значения переменной v_1 из индивидуальной области студентов, верно, что

- (1-39) 1. v_1 *уважает* v_1
 2. v_1 *уважает* *товарища* v_1 -го.
 3. v_1 *считает, что* v_1 *достоин уважения.*

Данные парафразы отвечают смыслу квантифицированного предложения $\forall x\varphi$ (для всякого x верно φ). (1-39) можно использовать как промежуточную ступень при построении грамматики, (в этом особенность подхода Монтегю). Стратегия такая, как и при получении формулы $\forall x\varphi$ из формулы φ , содержащей по крайней мере одно вхождение переменной x свободно. Например,

из формулы v_1 уважает v_1 получаем квантифицированное предложение путем замены самого левого вхождения переменной v_1 на *каждый студент*, а последующий вхождений – на особые обороты, соответствующие местоимениям. Таким образом, вместо переменных подставляются лексические объекты фрагмента русского L_{PR} . Синтаксис L_{PR} дается как множество формационных правил (formation rule), которые сразу задают соответствующие синтаксические деревья.

2. Синтаксис L_{PR}

A. Основные выражения языка L_{PR} .

1. *Орсино, Оливия, Цесарио, Мальволио* – константы категории N.
2. $v_1, v_2, v_3 \dots$ - переменные категории N.
3. *танцует, поет, спит* – константы категории Vi.
4. *любит* – константа категории Vt.
5. *господин, дама, рыба* – константы категории CN.

B. Правила образования L_{PR} .

1. Если α есть Vt и β есть N, то $\alpha\beta'$ есть Vi, где
 - a) β' есть результат замены существительного в именительном падеже на существительное в винительном падеже, если β не есть переменная v_n , в противном случае
 - b) $\alpha\beta' = \alpha v_n$.
2. Если α есть Vi и β есть N, то $\beta\alpha$ есть Form (формула).
3. Если α есть Form, то *неверно-что* α есть Form.
4. Если α есть Form и β есть Form, то α и β есть Form.
5. Если α есть Form и β есть Form, то α или β есть Form.
6. Если α есть CN, и u – переменная, и φ есть Form, причем φ' содержит по крайней мере одно вхождение u , то φ' есть Form, где φ' получается из φ
 - a) путем замены *самого левого вхождения* u в φ
 - a1) на: *каждую* α' , если α - женского рода и *каждого* α' , если α - мужского рода,
 где α' есть результат замены существительного α в именительном падеже на существительное в винительном падеже, и если β есть Vt, β входит в φ и переменная u стоит непосредственно справа от β ;
 - aj) на: *каждый* α , если α мужского рода и *каждая* α , если α - женского рода;
 - b) каждого последующего вхождения u в φ на

bi) *этого* α' , если α - существительное мужского рода и *эту* α' , если α - существительное женского рода,

где α' есть результат замены существительного в именительном падеже на существительное в винительном падеже;

7. Если α есть CN, u – переменная и φ есть Form , причем φ содержит по крайней мере одно вхождение u , то φ' есть Form , где φ' получается из φ

a) путем замены *самого левого вхождения* u в φ

ai) на:

некоторых α' ,

где α' есть результат замены существительного в единственном числе именительного падежа на существительное во множественном числе в винительном падеже, если β есть Vt , β входит в φ и переменная u стоит непосредственно справа от β ;

aj) на: *некоторые* α' ,

где α' есть результат замены существительного в единственном числе на существительное во множественном числе;

и

al) если β есть Vi и не имеет вид $\text{Vt}+\text{N}$, и u не стоит слева от Vi , то β заменяем на β' , где β' есть глагол β во множественном числе;

ak) если β есть Vi и имеет вид $\gamma\delta$, где γ есть Vt , переменная u стоит слева от Vi , то

γ' есть глагол во множественном числе;

b) каждого вхождения u в φ на *этих* α , где α' есть результат замены существительного α в единственном числе именительном падеже на множественное число винительного падежа.

C. Если φ есть формула в соответствии с правилами *A* и *B* и φ не содержит ни одной переменной, то φ есть *S* (*предложение*).

Правила *B6* и *B7* позволяют из нарицательного существительного *рыба* и формулы *Мальволио любит* v_n образовать предложение *Мальволио любит каждую рыбу* (*B6ai*) и *Мальволио любит некоторых рыб* (*B7ai*). Из нарицательного существительного *дама* и формулы v_k *любит Мальволио* можно получить предложения *Каждая дама любит Мальволио* (*B6aj*), *Некоторые дамы любит Мальволио* (*B7aj*, *ak*).

При построении аналитического дерева порядок написания фраз – слева или справа – является строгим. Если в соответствующем правиле сначала упоминается α , а потом β , то α должно стоять слева, а β – справа. Положение фразы имеет принципиальное значение при заменах этих выражений другими в *B6* и *B7*.

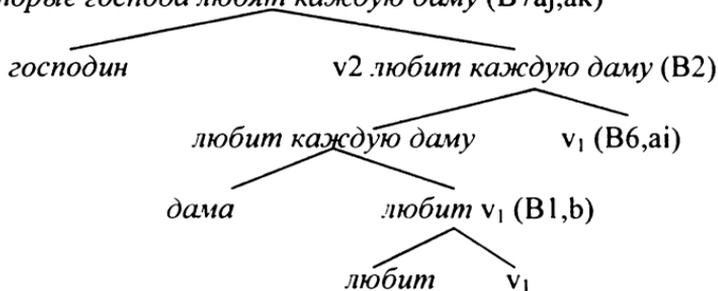
даму вместо *Каждая дама любит себя*.оборот эту (этого) + нарицательное существительное используется как компромисс для того, чтобы избежать проблемы рефлексивных местоимений личной версии *он-его*. Аналогично, из v_1 *любит* v_1 можно получить *Каждый господин любит Орсино* и *Цесарио любит этого господина* (правило B6aj,b) вместо *Каждый господин любит Орсино* и *Цесарио любит его*.

Из формы v_1 *любит* *Орсино* и *Цесарио любит* v_1 нельзя получить *Каждая дама любит Орсино* и *Цесарио любит этого господина*. Смысл фразы *Каждая дама любит Орсино* и *Цесарио любит его* выражается конструкцией *Каждая дама любит Орсино* и *Цесарио любит Орсино*. Фрагмент не допускает генерации предложений типа *Некоторые дамы танцуют и эти дамы поют*.

Фрагмент L_{PR} , также как и L_{OR} , многозначен, поскольку допускает разные прочтения предложений. К примеру, рассмотрим предложение *Некоторые господа любят каждую даму*. Одно из прочтений имеет вид:

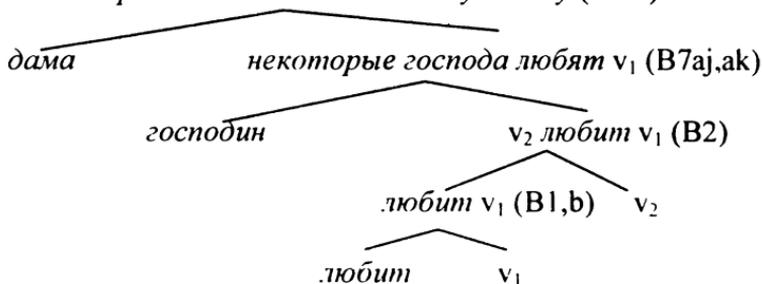
(1-43)

Некоторые господа любят каждую даму (B7aj,ak)



Другое прочтение отличается от (1-43) очередностью применения правил квантификации:

(1-44) *Некоторые господа любят каждую даму* (B6ai)



С точки зрения логики, (2-4) не эквивалентно (2-5), поскольку порядок квантификации принципиален. (2-5) допускает следующее толкование: "для каждой дамы найдется господин такой, что тот господин любит данную даму".

3. Семантика L_{PR}

Условия истинности для квантифицированных предложений L_{PR} отличаются от условий истинности для таковых в обычной логике предикатов следующим обстоятельством. При стандартной трактовке предложение *Каждая дама поет истинно* е.т.е. формула v_1 поет принимает значение истинно при любом приписывании переменной v_1 . В этом случае область индивидов состоит исключительно из дам и в языке логики предикатов рассматриваемое предложение имеет вид $\forall x$ Поет(x) (*всякий x поет*). Если область индивидов включает как дам, так и господ, условия истинности будут иными. Примерно они будут соответствовать переводу в язык логики предикатов $\forall x$ (Дама(x) \supset Поет(x)) (*для всякого x , если x дама, то x поет*). В таком случае, каждая дама поет истинно, если « v_1 поет истинно для каждого приписывания индивида переменной v_1 такого, что данный индивид является дамой». Нарисательные существительные (CN) играют роль *ограничителей* в универсуме индивидов. С помощью характеристических функций выделяются множества господ, дам, рыб.

Модель для L_{PR} есть упорядоченная пара $\langle A, F \rangle$, где A есть непустое множество, а F – есть функция, приписывающая семантическое значение каждой нелогической константе. Следующая таблица дает представление о возможном семантическом значении для выражений каждой синтаксической категории:

Категория *Множество возможных семантических значений*

N	A
Form	{0, 1}
Vi	{0, 1} ^A
CN	{0, 1} ^A
Vt	{(0, 1) ^A } ^A

Выражениям категории N (собственным именам) соответствуют индивиды из области A. Предложения (категория FORM) получают значения 0 или 1. Непереходные глаголы (Vi) и нарицательные имена (CN) интерпретируются как одноместные предикаты (функции из множества индивидов в множество {0, 1}). Переходные глаголы (категория Vt) интерпретируются через

одноместные предикаты. Они представляют собой функции из множества индивидов A в множество функций из множества индивидов в $\{0, 1\}$. *Приписывание переменным* g есть функция, приписывающая каждой переменной семантическое значение. В случае L_{PR} g приписывает каждой переменной v_n категории N индивид из A . Определим понятие *значения в модели при данном приписывании*. $|\alpha|^{M, g}$ читается: значение α в модели M при приписывании g .

A. Семантическое значение основных выражений.

1. Если u - переменная, то $|u|^{M, g} = g(u)$.
2. Если α - нелогическая константа, то $|\alpha|^{M, g} = F(\alpha)$.

B. Условия истинности формул L_{PR} относительно M и g :

1. Если α есть $\forall t$ и β есть N , то $|\alpha\beta|^{M, g} = |\alpha|^{M, g} (|\beta|^{M, g})$.
2. Если α есть $\forall i$ и β есть N , то $|\beta\alpha|^{M, g} = |\alpha|^{M, g} (|\beta|^{M, g})$.
3. Если ϕ есть $Form$, то $|\text{неверно-что } \phi|^{M, g} = 1$ е.т.е. $|\phi|^{M, g} = 0$, в противном случае $|\text{неверно-что } \phi|^{M, g} = 0$.
4. Если ϕ есть $Form$ и ψ есть $Form$, то $|\phi \text{ и } \psi|^{M, g} = 1$ е.т.е. $|\phi|^{M, g} = 1$ и $|\psi|^{M, g} = 1$, в противном случае $|\phi \text{ и } \psi|^{M, g} = 0$.
5. Если ϕ есть $Form$ и ψ есть $Form$, то $|\phi \text{ или } \psi|^{M, g} = 1$ е.т.е. $|\phi|^{M, g} = 1$ или $|\psi|^{M, g} = 1$, в противном случае $|\phi \text{ или } \psi|^{M, g} = 0$.
6. Если α есть CN , u - переменная и ϕ есть $Form$, содержащая по крайней мере одно вхождение u , то для $|\phi|$ как в синтаксическом правиле В6, $|\phi|^{M, g} = 1$ е.т.е. для всех приписываний значений g_u^e таких, что $|\alpha|^{M, g}(e) = 1$, $|\phi|^{M, g \cup e} = 1$.
7. Если α есть CN , u - переменная и ϕ есть $Form$, содержащая по крайней мере одно вхождение u , то для $|\phi|$ как в синтаксическом правиле В7, $|\phi|^{M, g} = 1$ е.т.е. для некоторых приписываний значений g_u^e таких, что $|\alpha|^{M, g}(e) = 1$, $|\phi|^{M, g \cup e} = 1$.

C. Условия истинности для предложений L_{PR} относительно M :

Для каждого предложения L_{PR} , $|\phi|^{M, g} = 1$, если для всех приписываний g $|\phi|^{M, g} = 1$.

Семантические значения выражений для L_{PR} определены для аналитических деревьев. Для иллюстрации рассмотрим конкретную модель L_{PR} , относительно которой можно будет определить семантическое значение предложения. Пусть область индивидов есть $A = \{\text{герцог Орсино, графиня Оливия, Виола-Цесарио, дво-}$

рецкий Мальволио}. Пусть F приписывает всем нелогическим константам следующие значения.

(1-45) V_N

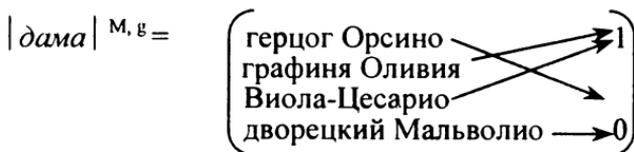
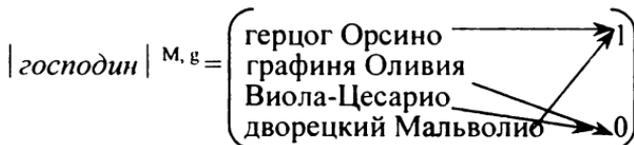
Орсино
Оливия
Мальволио
Цесарио

Семантическое значение:

Орсино, герцог Иллирийский
Оливия, графиня из Иллирии
Мальволио, дворецкий Оливии
Виола, переодетая юношей
Цесарио, дочь Себастьяна из Мессалины

Напомним, что в приведенном фрагменте различаются два рода сущностей, представленных в (1-45). В левой колонке приведены лингвистические объекты определенной категории, другими словами выражения языка L_{PR} . Они помечены курсивом. В правой колонке – содержатся внелингвистические сущности некоторого мира, в данном случае литературного мира героев комедии Вильяма Шекспира "Двенадцатая ночь". Определим значения глаголов и нарицательных имен с помощью таблицы (значения функции F для синтаксических категорий Vi, Vt, CN).

(1-46)



$$|рыба|^{M, g} = \left(\begin{array}{l} \text{герцог Орсино} \\ \text{графиня Оливия} \\ \text{Виола-Цесарио} \\ \text{дворецкий Мальволио} \end{array} \begin{array}{l} \rightarrow 1 \\ \rightarrow 0 \\ \rightarrow 0 \\ \rightarrow 0 \end{array} \right)$$

Пусть приписывание значений индивидуальным переменным есть следующая функция:

$$(1-47) \quad g = \left(\begin{array}{l} v_1 \rightarrow \text{герцог Орсино} \\ v_2 \rightarrow \text{графиня Оливия} \\ v_3 \rightarrow \text{Виола-Цесарио} \\ v_4 \rightarrow \\ \dots \end{array} \right)$$

Дальнейшая спецификация функции g нам в нашем примере не понадобится. Предположим, что g во всех остальных случаях приписывает каждой переменной v_n ($n \geq 4$) значение "дворецкий Мальволио". В семантических правилах В6 и В7 мы использовали запись g_u^e , а также $g:u/e$. Обе записи означают, что берется некоторая функция g_u^e , которая принимает те же значения переменных, что и g , за тем исключением, что переменной u приписывается индивид e .

Рассмотрим особенности семантики L_{PR} . Согласно В6, из нарицательных имен и формул мы получим квантифицированную формулу с квантором общности *каждый*. Проанализируем семантическое значение предложения *Каждая дама поет* относительно данной конкретной модели. Синтаксически оно образовано из первой комбинации некой переменной v_2 с непереходным глаголом *поет*, в результате чего получится формула v_2 поет. Затем, в соответствии с синтаксическим правилом В6а₁, из нарицательного существительного *дама*, переменной v_2 и формулы v_2 поет образуется предложение *Каждая дама поет*. Вычисление семантического значения предложения прямо следует за синтаксической процедурой построения данного предложения. Во-первых, семантическое правило В2 утверждает, что $|v_2 \text{ поет}|^{M, g} = |поет|^{M, g}(|v_2|)^{M, g}$, то есть функция, заданная (3-2) приложима к аргументам "графиня Оливия" и "Виола -Цесарио". Причем, "графиня Оливия" есть значение переменной v_2 , которое приписывается функции g (3-3). Таким образом, $|v_2 \text{ поет}|^{M, g} = 1$. Затем определяется значение *Каждая дама поет* (относительно M и g), благодаря правилу В6 на основании семантических значений *дама* v_2 и v_2 поет. Семантическое значение *дама* относительно M и любой функции g' дано в (3-2). Для того, чтобы применить В6 нам потребуется найти все e такие, что $|дама|^{M, g}(e) = 1$. Други-

ми словами, определить всех индивидов в А, которые являются дамами, в соответствии с данной моделью и приписыванием.

В (1-46) искомыми индивидами являются графиня Оливия и Виола-Цесарио. Мы конструируем все приписывания значений также как g , за исключением значений, приписываемых v_2 . Так

как g_{v_2} ^{гр Оливия} совпадает с g , остается только g одна функция:
(1-48)

$$g_{v_2} \text{ Виола-Цесарио} = \left(\begin{array}{l} v_1 \rightarrow \text{герцог Орсино} \\ v_2 \rightarrow \text{Виола-Цесарио} \\ v_3 \rightarrow \text{Виола-Цесарио} \end{array} \right)$$

Правило гласит, что *Каждая дама поет* получит значение истинно е.т.е. v_2 поет равно 1 при обоих приписываниях

$$g_{v_2} \text{ гр Оливия}, g_{v_2} \text{ Виола-Цесарио}$$

В данном примере множество поющих совпало с множеством дам. Отсюда предложение *Каждая дама поет* является истинным относительно М и g . Рассмотрим предложение *Каждая дама танцует*. Согласно (3-2), танцующих людей – два человека, это герцог Орсино и Виола-Цесарио. Нетрудно образовать предложение *каждая дама танцует* из *дама v_1* и формулы v_1 танцует.

Формула v_1 танцует равна 1 при g_{v_1} ^{гр Оливия} и g_{v_2} ^{Виола-Цесарио}.

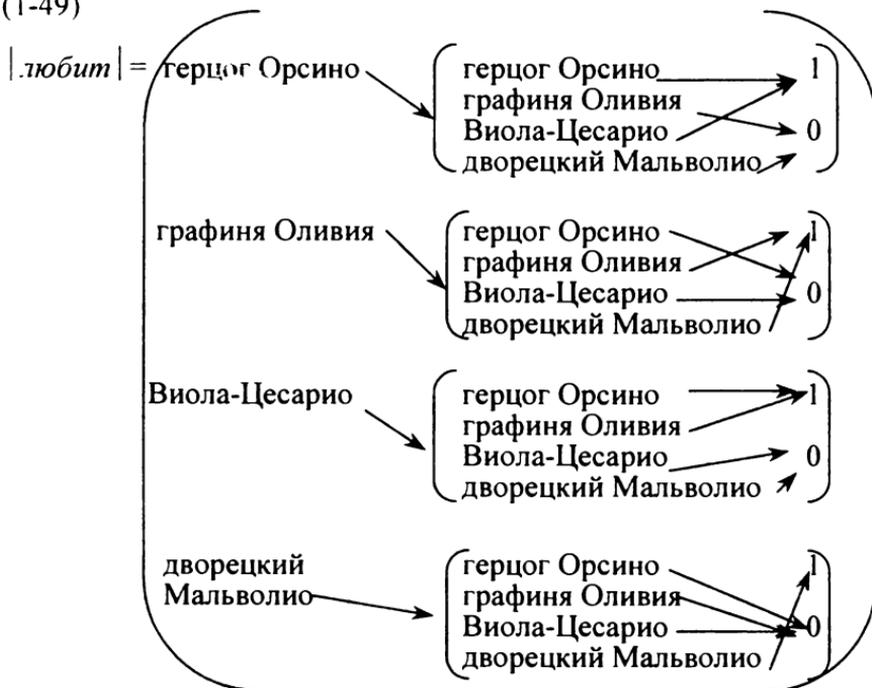
Но при $v_1 \rightarrow$ графиня Оливия, данная формула принимает значение 0, так как графиня Оливия не танцует (3-2). Вывод – предложение *Каждая дама танцует* ложно. Другими словами, данное предложение ложно в силу того, что множество дам, равное {графиня Оливия, Виола-Цесарио}, не входит в множество танцующих, равное {герцог Орсино, Виола-Цесарио}. Однако, эти два множества пересекаются, поскольку имеется общий элемент – Виола-Цесарио. Нетрудно убедиться, что в таком случае предложение *Некоторые дамы танцуют* истинно в данной модели при данном приписывании.

Рассмотрим тот случай, когда значением нарицательного имени является пустое множество (или в другой терминологии – характеристическая функция от пустого множества). В заданной модели пустое множество ассоциируется с нарицательным именем *рыба*. Согласно (3-2) нет ни одного индивида, являющегося рыбой. В таком случае предложение *Каждая рыба танцует* будет истинным, поскольку пустое множество входит в любое множество. Анализируя условие Вб, можно отметить, что нет ни

одного приписывания g , при котором $|рыба|^{M, g}(e) = 1$. Отсюда, не выполняется и $|танцует|^{M, g}(e) = 1$, поскольку нет такого индивида e . Ход рассуждений такой же, как и при рассмотрении формулы логики предикатов $\forall x(Рыба(x) \supset Танцует(x))$ при пустоте предиката *Рыба*. Формальный язык здесь воспроизводит смысл фраз естественного языка *Каждая рыба танцует* и *Некоторые рыбы танцуют*. В случае предложения *Каждая рыба танцует* не предполагается существования такого индивида как рыба, тогда как во фразе *Некоторые рыбы танцуют* содержится предпосылка о существовании танцующих экземпляров.

Пусть дана следующая интерпретация переходному глаголу *любит*:

(1-49)



Нетрудно убедиться, что в данной модели предложение *Некоторые господа любят всех дам* истинно в прочтении (1-44) и ложно в прочтении (1-43).

Глава 2

Логика высших порядков и интенциональные контексты

Подход Монтегю к анализу естественного языка часто в литературе именуют категориальным или типовым. С каждым выражением естественного языка Монтегю связывает определенную категорию. По его замыслу, при переводе в логический язык-посредник каждой категории формализованного фрагмента естественного языка должен соответствовать определенный тип логического выражения. В этой главе мы рассмотрим языки логик высших порядков, которые конструируются на основе идей теории типов, введения специального оператора функциональной абстракции (λ -оператора), модальных и временных операторов и понятий интенционала и экстенционала. Столь мощные средства, взятые в своей совокупности, используются Монтегю для построения интенциональных логик как формальных языков наиболее подходящих для воспроизведения синтаксической и семантической структуры достаточно богатых фрагментов естественного языка. В конце главы мы обсудим проблемы перевода выражений некоторых наиболее важных категорий естественного языка в типы формул интенциональной логики.

I. Теоретико-типовые языки

1 Понятие типа выражения формализованного языка

Монтегю проводит различие между понятием "категории" и понятием "типа". Понятие "категории" употребляется относительно формализованных фрагментов естественного языка (в работах Монтегю – английского). Если речь идет о языках логики, то здесь используется термин "тип выражения". В основе синтаксического построения логического языка L_{TYPE} лежит идея *рассе-ловской простой теории типов*, а также *функциональной теории типов Черча* (1940). Каждое выражение языка L_{TYPE} – классици-

цируется в соответствии с его типом. Каждый тип выражений включает как константы, так и переменные.

Тип выражения задается следующим рекурсивным определением множества типов, которое будет обозначаться как TYPE. TYPE есть наименьшее множество, такое что

- (2-1) (1) $e \in \text{TYPE}$.
 (2) $t \in \text{TYPE}$.
 (3) Если $a \in \text{TYPE}$ и $b \in \text{TYPE}$, то $\langle a, b \rangle \in \text{TYPE}$.
 (4) Ничто иное, кроме указанного в пунктах (1)-(3) не принадлежит множеству TYPE.

Множество TYPE не есть множество самих выражений, но множество имен или *этикеток* множеств выражений. Типы e и t являются элементарными. Символ e обозначает "сущность" ("entity"). Тип e имеют индивидные переменные и индивидные константы. В семантической интерпретации выражениям типа e будут соответствовать объекты из индивидной области A . Символ t используется для обозначения типа формул, то есть выражений, которые могут быть оценены как истинные или ложные. Комбинации элементарных типов образуют все иные типы выражений (бесконечный класс), которые мыслятся как функторы. Запись $\langle a, b \rangle$ указывает на тип функции, где a есть тип аргумента, а b тип значения функции. Например, одноместный предикат первого порядка есть функция типа $\langle e, t \rangle$, аргумент которой имеет тип e , а значение – тип t . Тип $\langle e, t \rangle$ указывает на характеристическую функцию из множества индивидов в множество истинностных значений. Двухместный предикат первого порядка имеет тип $\langle e, \langle e, t \rangle \rangle$ и представляет собой функцию, отображающую индивиды в функции, которые отображают индивиды в истинностные значения. Данная нотация соответствует условиям синтаксического преобразования переходных глаголов в непереходные, так как это было описано в главе 1.

В соответствии с пунктом (3) определения (2-1) следующие типы выражений будут правильно построенными: $\langle t, e \rangle$, $\langle \langle e, t \rangle, t \rangle$, $\langle \langle e, t \rangle, \langle e, t \rangle \rangle$, $\langle \langle \langle e, t \rangle, t \rangle, \langle e, t \rangle \rangle$ и т.д. Оператор отрицания имеет тип $\langle t, t \rangle$, двухместный оператор типа конъюнкции имеет тип $\langle t, \langle t, t \rangle \rangle$. Одноместный предикат 2 порядка, заданный на свойствах, имеет тип $\langle \langle e, t \rangle, t \rangle$, двухместный предикат 2 порядка имеет типа $\langle \langle e, t \rangle, \langle \langle e, t \rangle, t \rangle \rangle$. Тип одноместного предиката 2 порядка, заданного на бинарных отношениях, – $\langle \langle e, \langle e, t \rangle \rangle, t \rangle$.

Для всех выражений определенного типа задается соответствующее им множество возможных значений (possible denotations). Обозначим через D_x множество возможных значений для выражений типа x . Оно задается следующим определением:

(2-2) 1. D_e есть A .

2. D_t есть $\{0, 1\}$.

3. Для любых типов a и b , $D_{\langle a, b \rangle}$ есть $D_b^{D_a}$,

где $D_b^{D_a}$ есть множество функций из D_a в D_b .

К примеру, семантическое значение двухместного предиката определяется по формуле $D_{\langle e, \langle e, t \rangle \rangle} = D_{\langle e, t \rangle}^{D_e}$. Согласно пункту 1, D_e есть A , а $D_{\langle e, t \rangle}$ есть $\{0, 1\}^A$ (пункт 1, 2 и 3). Отсюда $D_{\langle e, \langle e, t \rangle \rangle}$ есть $(\{0, 1\}^A)^A$.

Желание сделать синтаксический процесс параллельным семантическому и проводить вычисление по единому образцу приводит Монтегю к изменению нотации для бинарных отношений. Так вместо традиционной записи $L(x, b)$, где L – предикат, приложимый к аргументам x и b , он часто употребляет запись $L(b)(x)$, меняя порядок термов. Обе записи эквивалентны по смыслу. Возможное прочтение: "x находится в отношении L к b ".

Для логических символов Монтегю вводит обозначения по следующему принципу. Для констант используется символ $c_{n,a}$ (constant), а для переменных – $v_{n,a}$ (variable). Индекс n указывает на порядковый номер. Для нумерации берется натуральный ряд, начиная с 0. Символ a указывает на тип выражения. Например, $c_{0,e}$ есть первая константа типа e ; $v_{2, \langle e, t \rangle}$ есть третья переменная типа $\langle e, t \rangle$; $c_{46 \langle \langle e, t \rangle, \langle e, t \rangle \rangle}$ есть сорок седьмая константа типа $\langle \langle e, t \rangle, \langle e, t \rangle \rangle$. Для символов наиболее распространенных типов выражений Монтегю вводит сокращения. Примем следующие обозначения. $j = c_{0,e}$, $m = c_{1,e}$ (индивидуальные константы), $S = c_{0, \langle e, t \rangle}$, $D = c_{1, \langle e, t \rangle}$ (одноместные предикаты 1 порядка), $L = c_{0, \langle e, \langle e, t \rangle \rangle}$ (двухместный предикат 1 порядка).

2. Синтаксис $L_{\{1\}^{\{1\}}}$

(2-3) А Множество типов $TYPE$ языка L_{TYPE} , заданное в (2-1)

В Основные выражения L_{TYPE} :

(1) Для каждого типа $a \in TYPE$, Con_a есть множество нелогических констант типа a .

(2) Для каждого типа $a \in \text{TYPE}$ Var_a есть множество переменных типа a .

C. Множество осмысленных выражений типа a (meaningful expressions of type a) – ME_a задается следующим рекурсивным определением:

- (1) Каждая переменная и константа типа a принадлежит ME_a .
- (2) Для $a, b \in \text{Type}$, если $\alpha \in \text{ME}_{\langle a, b \rangle}$ и $\beta \in \text{ME}_a$, то $\alpha(\beta) \in \text{ME}_b$.
- (3) Если $\varphi \in \text{ME}_t$ и $\psi \in \text{ME}_t$, то $\neg\varphi$, $[\varphi \wedge \psi]$, $[\varphi \vee \psi]$, $[\varphi \rightarrow \psi]$, $[\varphi \leftrightarrow \psi] \in \text{ME}_t$.
- (4) Если $\varphi \in \text{ME}_t$ и u есть переменная (любого типа), то $\forall u \varphi \in \text{ME}_t$, $\exists u \varphi \in \text{ME}_t$.

Следующая формула является осмысленными выражениями языка L_{TYPE} :

$$(2-4) \quad \forall v_0, \langle e, t \rangle [c_0, \langle \langle e, t \rangle, t \rangle (v_0, \langle e, t \rangle) \rightarrow \exists v_0, e [v_0, \langle e, t \rangle (v_0, e)]]],$$

она утверждает, что для каждого свойства (первого порядка), если свойство обладает свойством высшего порядка (в данном случае второго порядка), то найдется индивид, которому присуще данное свойство (первого порядка). Например, если "поет" есть "музыкальная способность" (свойство второго порядка), то найдется индивид, который поет.

3. Семантика L_{TYPE} .

Задается непустое множество индивидов или сущностей A , затем для каждого типа a определяется множество возможных значений типа a - D_a как в (2-2). Модель для L_{TYPE} есть упорядоченная пара $\langle A, F \rangle$ такая что, A – заданное непустое множество индивидов, F – функция, приписывающая значения каждой положительной константе типа a из соответствующего множества D_a . Пусть g есть функция, приписывающая каждой переменной $v_{n,a}$ значения из D_a , где n – натуральное число, a – тип.

Значение выражения языка L_{TYPE} относительно модели M и приписывания переменным g определяется рекурсивно:

(2-5)

- (1) (a) Если α есть константа, то $|\alpha|^{M, g} = F(\alpha)$.
- (b) Если α есть переменная, то $|\alpha|^{M, g} = g(\alpha)$.
- (2) Если $\alpha \in \text{ME}_{\langle a, b \rangle}$ и $\beta \in \text{ME}_a$, то $|\alpha(\beta)|^{M, g} = |\alpha|^{M, g} (|\beta|^{M, g})$

- (3) Если $\varphi \in ME_t$, то $|\neg\varphi|^{M, g} = 1$ е.т.е. $|\varphi|^{M, g} = 0$, в противном случае $|\neg\varphi|^{M, g} = 0$.
- (4) Если $\varphi \in ME_t$ и $\psi \in ME_t$, то $|\varphi \wedge \psi|^{M, g} = 1$ е.т.е. $|\varphi|^{M, g}$ и $|\psi|^{M, g}$ обе равны 1. Определение для оставшихся логических связок $|\varphi \vee \psi|^{M, g}$, $|\varphi \rightarrow \psi|^{M, g}$, $|\varphi \leftrightarrow \psi|^{M, g}$ дается аналогичным образом.
- (5) Если $\varphi \in ME_t$ и $u \in Var_a$, то $|\forall u\varphi|^{M, g} = 1$ е.т.е. для всех e в D_a $|\varphi|^{M, g \cup \{e\}} = 1$.
- (6) Если $\varphi \in ME_t$ и $u \in Var_a$, то $|\exists u\varphi|^{M, g} = 1$ е.т.е. найдется некоторое e в D_a , такое что $|\varphi|^{M, g \cup \{e\}} = 1$.

Значение выражения языка L_{TYPE} относительно M :

для любого φ в ME_t , $|\varphi|^M = 1$ е.т.е. $|\varphi|^{M, g} = 1$ для каждого приписывания g .

Язык L_{TYPE} дает возможность выразить новые категории выражений естественного языка. В языках L_{OR} и L_{PR} , которые строились по аналогии с языком первопорядковой логики предикатов, имелся только один вид отрицания – пропозициональное отрицание \neg , которому в русском языке соответствовал оборот "неверно что". Вместо предложения "Мальволио не поет" с отрицательной частицей "не" в языке L_{OR} конструировалось предложение "Неверно, что Мальволио поет". В естественном языке частица "не" служит для образования новых предикатов, то есть принадлежит категории *модификаторов предикатов* – $\langle\langle e, t \rangle, \langle e, t \rangle\rangle$. Из предиката "поет" частица "не" образует предикат "не поет". Семантическое значение для глагольного отрицания "не" можно задать следующим условием в L_{TYPE} :

- (2-6) $|\text{не}|^{M, g}$ есть функция h из $D_{\langle e, t \rangle}$ в $D_{\langle e, t \rangle}$ такая, что для любого k в $D_{\langle e, t \rangle}$ и любого индивида e в A ,

$$[h(k)](e) = 1 \text{ е.т.е. } k(e) = 0 \text{ и } [h(k)](e) = 0 \text{ е.т.е. } k(e) = 1.$$

Функция h по каждой характеристической функции подмножества A выдает характеристическую функцию дополнения данного подмножества. Например, из множества "поющих людей" осуществляется переход в множество "не-поющих людей".

4. Оператор абстракции лямбда (λ)

Задача выражения новых категорий естественного языка в языке логики L_{TYPE} значительно упрощается, если использовать

связывающий переменные лямбда оператор (λ -оператор), который называют иначе оператором абстракции или абстрактором множеств (абстрактором свойств). Оператор абстракции λ используется Монтегю в двух важнейших целях: во-первых, в целях упрощения переводов выражений естественного языка, а во-вторых, в целях сближения логической и грамматической форм. Формально, выражение с λ -оператором записывается:

$$(2-7) \quad \lambda x[\dots x \dots],$$

где $\dots x \dots$ стоит на месте формулы L_{TYPE} , к которой приложим λ -оператор. Пусть φ есть формула L_{TYPE} ($\varphi \in \text{ME}_t$), $\lambda x\varphi$ обозначает множество, или в терминах функций, функцию такую, что она характеризует множество, определяемое φ относительно переменной x . Рассмотрим некоторую модель, в которой индивидуальная константа j обозначает человека – Джона, индивидуальная константа m – Мэри, тогда

$$(2-8) \quad \lambda x[L(x)(j)]$$

обозначает множество индивидов, которых любит Джон, и читается: "быть x таким, что j любит x ". Множество людей, которые любят Джона, можно выделить выражением

$$(2-9) \quad \lambda x[L(j)(x)]$$

которое читается "быть x таким, что x любит j ". Поскольку $\lambda x[L(x)(j)]$ является одноместным предикатом (выражением категории $\langle e, t \rangle$, то

$$(2-10) \quad \lambda x[L(x)(j)](m)$$

есть формула (выражение категории $\langle t \rangle$) и читается: " m есть x такой, что $[L(x)(j)]$ ". ("Мэри принадлежит к тем людям, которых любит Джон"). Последнее выражение эквивалентно

$$(2-11) \quad L(m)(j),$$

("Джон любит Мэри"). (2-11) эквивалентно

$$(2-12) \quad \lambda x[L(m)(x)](j)$$

("Джон принадлежит к тем людям, которые любят Мэри"). Логическая эквивалентность формул (2-10) и (2-11) в общем виде выражается в *Принципе лямбда-конверсии* Черча [Черч, 1940].

$$(2-13) \quad \lambda u[\dots u \dots](\alpha) \Rightarrow \dots \alpha \dots$$

Формулу $\lambda u[\dots u \dots](\alpha)$ можно заменить логически эквивалентной формулой $\dots \alpha \dots$, где все вхождения переменной u , связанные λ -оператором, заменяются на константу α того же типа, что и переменная u .

Принцип лямбда-конверсии применяется не только к формулам с переменными типа e , но и к формулам с переменными любых типов. Обобщая формулировку лямбда-оператора на все типы переменных, сформулируем синтаксические и семантические правила для λ -формул, добавив их к определениям языка (2-3) и (2-5):

(2-14) С.(5) Если $\alpha \in ME_a$ и $u \in Var_a$, то $\lambda u[\alpha] \in ME_{\langle b, a \rangle}$.

(2-15) (5) Если $\alpha \in ME_a$ и $u \in Var_b$, то $\lambda u[\alpha]^{M, g}$ есть функция h из D_b в D_a такая, что для всех объектов k в D_b , $h(k)$ есть $\left| \alpha \right|^{M, g u/k}$.

В примерах (2-8) – (2-12) с помощью λ -оператора выделялись характеристические функции множеств индивидов. Если $S(x)$ имеет тип $\langle t \rangle$, переменная x тип $\langle e \rangle$, то $\lambda x[S(x)]$ имеет тип $\langle e, t \rangle$ в соответствии с определением (2-14). $\lambda x[S(x)]$ обозначает функцию, которая имеет любые значения x в качестве своего аргумента, но не определяет точно, какое именно значение приложимо к данной функции. Можно сказать, что $\lambda x[S(x)]$ указывает на множество возможных значений функции, состоящее из объектов, которые могут быть семантическими значениями переменной x . Здесь, как и прежде (см. Глава 1, Раздел 3), мы отождествляем характеристические функции с множествами объектов, которые они задают. Выражение с λ -оператором типа $\langle e, t \rangle$ можно назвать *абстрактором одноместного предиката* или в терминологии множеств – *абстрактором множеств* (индивидов). Лямбда-выражение типа $\langle e, \langle e, t \rangle \rangle$, например, $\lambda x[L(x)]$ есть *абстрактор двухместного предиката*. Напомним, что двухместные предикаты определяются не на множествах упорядоченных пар $(\{0, 1\}^{A \times A})$, а на множествах индивидов, отображая последние в характеристические функции $(\{0, 1\}^A)$. Можно предположить иную формулировку $\lambda x[L(x)]$. Пусть дана формула $L(x)(y)$, проводя абстракцию, получаем $\lambda y[L(x)(y)]$ типа $\langle e, t \rangle$, что эквивалентно $L(x)$. Вторично проводя абстракцию, получаем $\lambda x[\lambda y[L(x)(y)]]$ – выражение типа $\langle e, \langle e, t \rangle \rangle$, эквивалентное $\lambda x[L(x)]$.

Рассмотренные эквивалентности можно доказать семантически, используя определение (2-15). Покажем это на примере конкретной модели. Пусть $A = \{a, b\}$, $F(L)$ задано таблицей:

$$\left(\begin{array}{l} a \longrightarrow \\ b \longrightarrow \end{array} \left\{ \begin{array}{l} a \longrightarrow 0 \\ b \longrightarrow 1 \\ a \longrightarrow 1 \\ b \longrightarrow 1 \end{array} \right\} \right)$$

Функция g приписывает следующие значения переменным: $g(x)=a$, $g(y)=b$. Покажем, что $\lambda y[L(x)(y)]$ равно по значению $L(x)$. Известно, что $L(x)(y)$ имеет тип t , а y – тип e , нужно выписать значение функции $h: D_t^{D_e}$. Для любых e $h(e)$ есть $|L(x)(y)|^{M, g y/e}$. Пусть функция g' есть такая, как g , за исключением приписывания y . Если $g'(y)=a$, то $h(a)$ есть $|L(x)(y)|^{M, g y/a} = |L(x)(a)|^{M, e}$, то есть $F(L)(a)(a)=0$, значит $h(a)=0$. Если $g'(y)=b$, то $h(b)$ есть $|L(x)(y)|^{M, g y/b} = |L(x)(b)|^{M, g}$, то есть $F(L)(a)(b)=1$. Значит, $h(b)=1$. Суммируя, имеем значение функции h : $h(a)=0$, $h(b)=1$. Определение значения функции $|\lambda y[L(x)(y)]|^{M, g}$ сводится к вычислению значения функции $|L(x)|^{M, g y/e}$ при заданном e . Следуя данной стратегии, нетрудно показать, что для того, чтобы определить значение $|\lambda x[\lambda y[L(x)(y)]]|^{M, g}$ нужно вычислить значение функции $\lambda y[L(x)(y)]^{M, g x/e}$ для любых e . В данном случае $h: D_{\langle e, t \rangle}^{D_{\langle e \rangle}}$. В итоге $h(a)$ есть функция, отображающая $\left(\begin{array}{l} a \longrightarrow 0 \\ b \longrightarrow 1 \end{array} \right)$, $h(b)$ есть функция, отображающая $\left(\begin{array}{l} a \longrightarrow 1 \\ b \longrightarrow 1 \end{array} \right)$.

Приведем пример абстракторов предикатов высших порядков. Пусть нам дана формула, содержащая предикатную переменную типа $\langle e, t \rangle$, например, $[S(j) \rightarrow v_{0, \langle e, t \rangle}(j)]$. Проводя абстракцию по переменной типа $v_{0, \langle e, t \rangle}$, получим выражение

$$(2-16) \quad \lambda v_{0, \langle e, t \rangle} [S(j) \rightarrow v_{0, \langle e, t \rangle}(j)],$$

которое имеет тип $\langle \langle e, t \rangle, t \rangle$ и является "абстракцией предиката предиката". Положим, что j обозначает Джон, S есть предикат "студент", тогда абстракция предиката предиката есть характеристическая функция, выделяющая множество предикатов – признаков студента Джона. $\lambda v_{0, \langle e, t \rangle} [S(j) \rightarrow v_{0, \langle e, t \rangle}(j)]$ читается: "быть предикатом (свойством) $v_{0, \langle e, t \rangle}$ таким, что если Джон – студент, то данное свойство присуще Джону". Из (2-16) можно получить формулу

$$(2-17) \quad \lambda v_{0, \langle e, t \rangle} [S(j) \rightarrow v_{0, \langle e, t \rangle}(j)](D),$$

где D – предикатная константа типа $\langle e, t \rangle$. Пусть D обозначает "танцует". (2-17) читается: " D есть свойство $v_{0, \langle e, t \rangle}$ такое, что, если Джон – студент, то Джон танцует". Другими словами, "танцевать" принадлежит к множеству свойств Джона-студента. В соответствии с принципом лямбда-конверсии, (2-17) можно свести к

$$(2-18) \quad S(j) \rightarrow D(j),$$

(если Джон – студент, то Джон танцует).

Обозначим язык L_{TYPE} , дополненный λ -оператором, через $L_{\lambda\text{-TYPE}}$. В языке $L_{\lambda\text{-TYPE}}$ с помощью λ -оператора можно дать элегантные определения константам важнейших категорий естественного языка. Например, глагольное отрицание *не*, то есть выражение типа $\langle\langle e, t \rangle, \langle e, t \rangle\rangle$ можно определить следующим способом:

$$(2-19) \quad \text{не есть } \lambda v_{0, \langle e, t \rangle} [\lambda x [\neg v_{0, \langle e, t \rangle}(x)]].$$

Для конкретного предиката D

$$(2-20) \quad \lambda v_{0, \langle e, t \rangle} [\lambda x [\neg v_{0, \langle e, t \rangle}(x)]](D)$$

по лямбда-конверсии сводится к

$$(2-21) \quad \lambda x [\neg D(x)].$$

Согласно (2-20), по множеству танцующих людей, задаваемых характеристической функцией предиката D , можно найти его дополнение – множество не-танцующих людей. Предикат "танцует" принадлежит к таким предикатам, что имеется множество x таких, что x не обладает признаком, указанным в заданном предикате. Последнее эквивалентно (2-21): "быть x таким, что неверно, что x танцует".

Применение λ -оператора позволяет логическую субъектно-предикатную форму сблизить с грамматической субъектно-предикатной формой. Известно, что языки логики, воспроизводя глубинную структуру предложений, далеко отходят от поверхностной грамматической структуры. Понятия логического подлежащего и сказуемого не совпадают с грамматическим подлежащим и сказуемым.

В грамматике преобладает следующая последовательность фраз: за грамматическим подлежащим следует грамматическое сказуемое. Другими словами, наиболее типично синтаксическое сочленение $NP+VP$ – выражений категории существительных с выражениями категории глагольных фраз. При переводе в язык логики предикатов данная последовательность нарушается. Логическому подлежащему (субъекту) в структуре предиката 1 порядка соответствует индивидуальный терм, который занимает место *аргументора*, а логическим сказуемым является *предикатор* (функтор), причем в символической записи сначала записывается предикатор, а затем в скобках пишется аргументор. Очевидно, что такая структура не воспроизводит последовательность $NP+VP$.

Рассмотрим следующую параллель:

(2-22)

Предложения русского языка

Стандартный перевод
в язык логики предикатов(1) *Каждый студент танцует* $\forall x[S(x) \rightarrow D(x)]$ (2) *Каждый студент любит Мэри* $\forall x[S(x) \rightarrow L(m)(x)]$ (3) *Некоторые студенты танцуют* $\exists x[S(x) \wedge D(x)]$ (4) *Джон студент* $S(j)$ (5) *Джон любит Мэри* $L(m)(j)$

Последовательности слов в (1)-(5) разделены на группу подлежащего и группу сказуемого (NP+VP). Очевидно, что даже в элементарных предложениях типа (4) такая последовательность не соблюдается. Оказывается, что параллель между грамматической и логической структурой можно восстановить, если воспользоваться старой философской идеей описания мира через *универсалии*. С данной точки зрения, индивидуальные константы (выражения типа *e*), не обозначают единичных объектов, на которые в естественном языке указывают собственные имена. Индивидуальные константы указывают лишь на сущности или прототипы реальных индивидов. Категории собственных имен (выражений, выполняющих функции собственных имен) в языке логики будут соответствовать *универсалии* – множество свойств, определяющих данного индивида. Свойства (множества свойств) образуются с помощью лямбда-абстракций. В таком языке универсалии в виде лямбда-выражений выполняют роль подлежащего, после которого следует сказуемое.

Придерживаясь данной стратегии, предложения (1)-(5) можно истолковать следующим образом. Предложение (1) утверждает, что свойству "танцует" присуще второпорядковое свойство "быть истинным для каждого студента", в (2) свойству "любит Мэри" присуще второпорядковое свойство "быть истинным для каждого студента", в (3) свойству "танцует" присуще второпорядковое свойство "быть истинным для некоторых студентов". В (4) "студент" есть одно из свойств Джона, а в (5) говорится, что "любит Мэри" есть одно из свойств Джона.

Выразим данные парафразы на языке L_{λ} -TYPE. Пусть P есть сокращение для предикатной переменной $v_0, \langle e, t \rangle$. Тогда выражение $\lambda P \forall x[S(x) \rightarrow P(x)]$ (читается: "быть свойством P таким, что для всякого x , если x – студент, то x обладает свойством P ") выделяет класс свойств, характеризующих множество всех студентов. Данная универсалия может выполнять функцию подлежащего *каждый студент*, за которым непосредственно последует ска-

зуемое. Аналогичным образом, индивида Джона характеризует множество свойств $\lambda P[P(j)]$ (читается: "быть свойством P таким, что P присуще j". Следующий возможный перевод воспроизводит грамматическую последовательность выражений в (1)-(5):

(2-23)

(1') $\lambda P\forall x[S(x)\rightarrow P(x)]$ (D)

Каждый студент танцует

(2') $\lambda P\forall x[S(x)\rightarrow P(x)]$ (L(m))

Каждый студент любит Мэри

(3') $\lambda P\exists x[S(x)\wedge P(x)]$ (D)

Некоторые студенты танцуют

(4') $\lambda P[P(j)]$ (S)

Джон студент

(5') $\lambda P[P(j)]$ (L(m))

Джон любит Мэри

λ -оператор позволяет определить семантическое значение выражений кванторных слов *каждый* и *некоторые*. В соответствии с принципом λ -конверсии, (1') и (3') эквивалентны следующим формулам (2-24), где Q используется как сокращение $\forall_{1, \langle e, t \rangle}$:

(1'') $\lambda Q[\lambda P\forall x[Q(x)\rightarrow P(x)](S)$

(3'') $\lambda Q[\lambda P\exists x[Q(x)\wedge P(x)](S)$

(1'') переводит выражение *каждый студент*. Согласно (1'') свойство S принадлежит к числу свойств Q, которые выделяют универсальные классы объектов, характеристиками свойств которых являются свойства P. Согласно (3'') S принадлежит числу свойств Q, выделяющих непустые (не обязательно универсальные) классы объектов, характеристиками которых являются свойства P. (2'') есть перевод выражения *некоторые студенты*. Удалив аргументор (S) в (2-24), получим адекватные переводы выражений *каждый* и *некоторые*:

(2-25)

(1''') $\lambda Q[\lambda P\forall x[Q(x)\rightarrow P(x)]$

(3''') $\lambda Q[\lambda P\exists x[Q(x)\wedge P(x)]$

Кванторные слова *каждый* и *некоторые* имеют категорию $\langle\langle e, t \rangle, \langle\langle e, t \rangle, t \rangle\rangle$ (Q, P – переменные типа $\langle e, t \rangle$, $\forall x[Q(x)\rightarrow P(x)]$ – формула типа t). Если под $\langle a, \langle a, t \rangle \rangle$ понимать отношения между двумя объектами типа a, то соответственно, $\langle\langle e, t \rangle, \langle\langle e, t \rangle, t \rangle\rangle$

можно рассматривать как отношение между множествами индивидов. В таком случае, *каждый* интерпретируется как отношение включения подмножества в множество. *Каждый* (S)(D) истинно, если S является подмножеством D. *Некоторые*, соответственно, образует отношение пересечения множеств. Следующие формулировки дают итоговый перевод (1) и (3):

(2-26)

(1''') $\lambda Q[\lambda P\forall x[Q(x)\rightarrow P(x)](S)(D)$ *Каждый студент танцует*(3''') $\lambda Q[\lambda P\exists x[Q(x)\wedge P(x)](S)(D)$ *Некоторые студенты танцуют*

5. Войшвилло Е.К.: исчисление предикатов, приближенное к естественному языку

В 60-е годы проблема построения формализованных языков, приближенная к естественному языку, активно обсуждается отечественными логиками. Обсуждение данной проблемы велось по двум направлениям. Первое было связано с разработкой систем естественного вывода – техники вычисления, приближенной к рассуждениям на естественном языке (натуральный вывод, релевантная логика). В работах второго направления внимание было сосредоточено на проблеме структуры. Отмечалась огромная разница между грамматической структурой предложения и логической структурой формул. В целях уменьшения разрыва предлагались различные промежуточные языки (языки-посредники). Например, Т.С.Цейтиным делается попытка построения промежуточного логического языка исчисления предикатов с оговорками к вхождению предметных переменных в формулу. Указанная техника по замыслу автора должна была воспроизвести грамматическую категорию определения. Этому пути следует и А.В.Кузнецов в своих построениях языка-посредника, приближенного к геометрии.

Мы обратим внимание читателя на одну из ранних работ Е.К.Войшвилло, где он отчасти следует Цейтлину и Кузнецову в попытке структурной перестройки языка исчисления предикатов. Предпосылки подхода Войшвилло во многом переключаются с причинами введения λ -оператора у Монтегю.

Напомним, что в подходе Монтегю использование λ -оператора позволяет построить язык-посредник, в котором достигается по-словесный перевод предложений естественного языка

в формализованный язык. Решение проблемы имеет и обратную сторону – приходится строить технически громоздкие конструкции с λ -операторами, хотя и имеется возможность их упростить, используя процедуры λ -конверсии. В подходе Е.К.Войшвилло скорее преобладают логические принципы структуризации предложений, нет по-словного перевода, но тем не менее сохраняются некоторые очень важные особенности грамматики естественного языка.

Как и Монтегю, Войшвилло опирается на философскую идею языковых универсалий. Предикаты или общие имена в естественном языке играют роль не только сказуемых, но и подлежащих. В качестве подлежащих общие имена можно рассматривать как универсалии или понятия, выделяющие множества объектов. В предложении "Все студенты посещают лекции" термин "студент" выделяет класс индивидов, о которых утверждается, что каждый из них посещает занятия. Идея *отделения характеристик предмета от утверждений о нем* является главной для подхода Евгений Казимировича.

В свое время А.И.Каринский заметил, что в естественном языке аналоги предикатов – общие имена используются как своеобразные переменные. В выражении "все студенты" термин "студент" указывает на одного, но неопределенного индивида из класса студентов. При данном понимании термин "студент" можно истолковать как переменную с указанием ее предметной области – *специфицированную* переменную. Соединив ее с кванторным выражением "все", получим квантор "все студенты".

Данная идея в подходе Войшвилло реализуется через различие *универсальных* и *специфицированных* переменных. Для универсальных переменных устанавливается единая предметная область (или универсум рассуждений). Специфицированные переменные определяются через универсальные путем указания предметной области следующим образом. Вводится специальное выражение вида " $xA(x)$ ", которое читается "предмет x из универсума, обладающий свойством A ". Все выражение " $xA(x)$ " рассматривается как специфицированная переменная. Например, x Студент(x) интерпретируется как специфицированная переменная из предметной области, состоящей из студентов. Более точно x Студент(x) можно прочесть: предмет x из заданной предметной области, в данном случае класса индивидов, обладающих свойством "быть студентами". Множество предметов, обладающих свой-

ством A Войшвилло обозначает через $WxA(x)$. По аналогии, можно выделить и n -ки предметов.

Основной принцип в подходе Войшвилло состоит в том, чтобы отделить характеристики предметов от утверждений о них. Сначала выписываются характеристики предметов, а потом следует утверждение (сказуемое) о них. Например, запись $\forall xS(x)P(x)$ последовательно соединяет символ для квантора \forall , специфицированную переменную $xA(x)$ и утверждение $P(x)$. $\forall xS(x)P(x)$ можно прочесть: всякий x из предметной области S обладает свойством P .

Предложение "Каждый студент танцует" в переводе Войшвилло выглядит следующим образом:

$\forall x$ студент(x) танцует(x)

каждый студент танцует

Переводы Монтегю:

$\lambda P\forall x[\text{студент}(x)\rightarrow P(x)]$ (танцует)

(каждый) студент танцует

$\lambda Q[\lambda P\forall x[Q(x)\rightarrow P(x)]]$ (студент) (танцует)

каждый студент танцует

Ясно, что выражение $xA(x)$ не эквивалентно выражению $\lambda xA(x)$. $xA(x)$ используется для выделения и обозначения предмета, хотя и неопределенного ("предмет x такой, что x обладает свойством A "). $\lambda xA(x)$ используется для выделения и обозначения функции ("быть таким x , что x обладает свойством A "). $\lambda P\forall x[\text{студент}(x)\rightarrow P(x)]$ выделяет характеристическую функцию, возможными значениями которой являются свойства, присущие индивидам из класса студентов.

И Монтегю, и Войшвилло опираются на идею универсалий, но использует для этого разные средства. Специфицированная переменная $xA(x)$ за счет указания области ее действия выделяет класс предметов, отсюда ее можно рассматривать как универсалию или понятие. $WxA(x)$ есть объем указанного понятия, а $A(x)$ – признак или содержание понятия. Для Монтегю понятие или универсалия определяется множеством свойств (а точнее харак-

теристической функцией, задающей данное множество свойств предмета. В этих целях и используется λ -оператор.

II. Семантики возможных миров и интенциональные логики

1 *Интенциональные контексты*

До сих пор, при построении простых фрагментов русского языка (языки L_{OR} , L_{PR}), формальных языков логики высших порядков (L_{TYPE} , $L_{\lambda-TYPE}$) мы опирались на *Принцип Композициональности*: семантическое значение сложного выражения полностью определялось семантическим значением его составных частей (их денотатов). Любое сложное выражение толковалось *истинностно-функционально* – как функтор, приложимый к аргументорам, и без труда вычислялось его семантическое значение в соответствии с заданными правилами. Эти принципы составляют существо так называемого *экстенционального подхода*. Имеется множество контекстов естественного языка, для которых указанные принципы либо не действуют, либо недостаточны, либо требуют уточнения. Речь идет о модальных, временных и интенциональных контекстах. Они либо в целом, либо в отдельных своих частях предполагают нечто большее, чем простое указание на значение (денотат) составных частей. Имеется некоторая подразумеваемая информация, которая явно не фиксируется, но от которой по существу зависит значение выражения. Рассмотрим следующие примеры:

(2-27) *Волчи стаи бродят по Москве.*

(2-28) *Волчи стаи бродили (когда-то) по Москве.*

(2-29) *Прежний князь – дальновидный человек.*

(2-30) *Необходимо, что сила, действующая на тело, равна произведению массы тела на сообщаемое этой силой ускорение.*

(2-31) *Ветла является белой ивой.*

(2-32) *Федор знает, что ветла является белой ивой.*

(2-33) *Федор знает, что ракита является белой ивой.*

(2-34) *Федор знает, что белотал является белой ивой.*

Первые три предложения принадлежат к овременным высказываниям. Истинность (2-27) определяется выбором модели, которая не обязательно является временной. В (2-28) предполага-

ется соотносимость настоящего момента времени (акта утверждения) с некоторыми моментами прошлого (акт наличия события в прошлом). Истинность всего предложения (2-28) зависит от указания временной координаты прошлого. В (2-29) требуется определить временную координату не по отношению ко всему выражению, а лишь по отношению к его части – прилагательному *прежний*. (2-30) представляет собой формулировку второго закона Ньютона – истинного предложения в теории механики. Истинность общих высказываний ("законов") теории (номологических утверждений) инвариантна относительно переменчивых ситуаций. Такие предложения именуют необходимыми истинами (в данном примере необходимость понимается в физическом смысле). Истинность предложения (2-31) не зависит от изменения обстоятельств, оно истинно в силу лингвистических причин, а именно синонимичности выражений *ветла* и *белая ива*.

Предложения (2-28), (2-30), (2-31) предполагают квантификацию не по объектам языка (лингвистическим переменным), а по внелингвистическим объектам – *ситуациям*. (2-28) истинно, если *найдутся* такие положения дел в прошлом, в которых имеет место факт "Волки бродят по Москве". (2-30) истинно, если факт "сила, действующая на тело, равна произведению массы тела на сообщаемое этой силе ускорение" имеет место *во всех* рассматриваемых случаях. Универсальная квантификация по ситуациям имеет место в (2-31).

Истинность предложений (2-32)-(2-34) зависит не от объективной истинности придаточного предложения, а от отношения смысла придаточного предложения к сфере знания Федора. Значение выражений, входящих в состав придаточного предложения, должны быть известны указанному лицу. В последних предложениях соотносятся две сферы – объективное знание (вариант – знание говорящего) и личностное знание (вариант – знание субъекта, о котором идет речь).

Анализ предложений (2-27)-(2-34) в современной логике осуществляется в рамках интенционального подхода, основанного на принципах *семантик возможных миров*. В рассмотрение вводится не одно положение дел, описываемое моделью, а некоторое множество положений дел, возможно, связанных с собой определенными отношениями. Строится модель, имеющая сложное структурное строение. Разница между экстенциональными и интенциональными выражениями существенна.

Пусть \square есть модальный оператор "необходимо". P – временной оператор "когда-нибудь было так, что". Если ϕ есть пра-

вильно построенная формула заданного языка, то $\Box\phi$, $\mathbf{R}\phi$ также являются правильно построенными формулами. В отличие от логических констант, они не имеют истинностно-функциональной интерпретации. Если истинностное значение выражения $\neg\phi$ ("неверно, что ϕ ") всегда зависит от истинностного значения ϕ , то значение $\Box\phi$, $\mathbf{R}\phi$ не зависит непосредственно от того факта, истинно или ложно ϕ . $\Box\phi$ истинно в данном мире е.т.е. ϕ истинно во всех возможных мирах (лейбницевское понимание). $\mathbf{R}\phi$ истинно в настоящий момент времени, е.т.е. ϕ истинно в некоторый момент времени в прошлом. Операторы \Box и \mathbf{R} не являются функциями от аргумента ϕ .

Большинство систем логики со специальным предикатом равенства содержит в качестве закона формулу, утверждающую, что результат подстановки в любую формулу одного имени вместо другого имени, обозначающих один и тот же индивид, принимает значение истины е.т.е. истинна исходная формула (принцип Лейбница замены равного равным). В интенциональных контекстах данный принцип непосредственно не проходит. Следующее предложение истинно на основании предположения о рациональности индивида Федора, которому известен закон тождества классической логики.

(2-35) *Федор знает, что ветла является ветлой.*

В русском языке выражения ветла, ракета, ива, белотал являются синонимами, то есть они равны по значению – указывают на один и тот же тип дерева. Предложения (2-32)-(2-34) можно рассматривать как подстановки одного термина вместо другого в (2-35). Термин "белотал", не столь распространен как ветла и ракета. Вполне вероятно, что (2-32)-(2-33) истинны, но не обязательно истинно (2-34).

Языковые конструкции, в которых закон Лейбница прямо не действует, называются в литературе *закрытыми* (*oblique*) или *референциально темными* (*opaque*) конструкциями в противовес *референциально прозрачным* (*transparent*) конструкциям, в которых имеет место закон Лейбница. Контексты, содержащие эпистемические модальности *знает, полагает, думает, видит, говорит* и т.д., "затемнены" по отношению к именам с единым денотатом в аспекте сохранения истинностного значения.

Переходные глаголы типа *хочет, ищет, нуждается* также занимают "затемненную" позицию. Для предложения

(2-36) *Джон ищет едипорога.*

характерно *неспецифическое* прочтение, поскольку нет ни одного индивида в актуальном мире, имя которого можно было бы подставить вместо нарицательного существительного "единорог".

2. Понятие интенционала у Монтегю

Впервые Фреге предложил проводить различие между смыслом выражения (Sinn) и его значением (Bedeutung) [Frege 1893], [Frege 1977]. В референциально затемненных предложениях, согласно Фреге, следует использовать не денотат (значение) выражения, а его смысл. Первым, кто попытался формализовать понятие смысла, был Рудольф Карнап [Carnap, 1947]. Карнап определил интенционал выражения (термин, уточняющий понятие смысла) как функцию, определенную на возможных описаниях состояний и выделяющую денотат выражения (названный им экстенционалом) для каждого описания состояния. Монтегю в своих работах расширяет понятие возможного мира (описания состояния), используя термины *индекс* и *точка соотнесения*. Последние понимаются им как комплексный набор координат, от которых зависит истинный статус высказывания.

В комплекс могут входить такие координаты, как возможный мир, момент времени, пространственное расположение, субъект и многие другие. В PTQ он использует пару координат – возможные миры и моменты времени, относительно которых он определяет для каждого выражения экстенционал и интенционал. Модель M понимается как упорядоченная последовательность $\langle A, W, T, \leq, F, g \rangle$, где A – индивидуальная область, W – множество возможных миров, T – множество моментов времени, \leq – отношение порядка, заданного на T , F – означивание констант, а g – приписывание переменным. Символ $\alpha^{M, g}$ используем для обозначения интенционала выражения α относительно M и g . Символ $\alpha^{M, w, t, g}$ обозначает экстенционал выражения α относительно M, g и точки соотнесения $\langle w, t \rangle$, где $w \in W$, а $t \in T$. В качестве иллюстрации рассмотрим модель, в которой $A = \{a, b, c\}$, $W = \{w_1, w_2\}$, $T = \{t_1, t_2, t_3\}$. Интенционал имен (индивидуальных констант) m и j полностью задается функцией F из $W \times T$ в $D_{e, A, w, T}$ (множество возможных значений денотатов имен e относительно A, W и T).

$$(2-36) \quad \begin{array}{l} |m|^{M, g} = \langle w_1, t_1 \rangle \longrightarrow a \\ \quad \quad \quad \langle w_1, t_2 \rangle \longrightarrow a \\ \quad \quad \quad \langle w_1, t_3 \rangle \longrightarrow b \end{array} \quad \begin{array}{l} |j|^{M, g} = \langle w_1, t_1 \rangle \longrightarrow b \\ \quad \quad \quad \langle w_1, t_2 \rangle \longrightarrow b \\ \quad \quad \quad \langle w_1, t_3 \rangle \longrightarrow b \end{array}$$

$$\begin{array}{ll}
 \langle w_2, t_1 \rangle \longrightarrow c & \langle w_2, t_1 \rangle \longrightarrow b \\
 \langle w_2, t_2 \rangle \longrightarrow c & \langle w_2, t_2 \rangle \longrightarrow b \\
 \langle w_2, t_3 \rangle \longrightarrow a & \langle w_2, t_3 \rangle \longrightarrow b
 \end{array}$$

Интенционал предикатной константы типа $\langle e, t \rangle$ задается функцией $F: D_{\langle e, t \rangle, A, W, T}^{W \times T}$.

$$(2-37) \quad |S|^{M, g} = \left(\begin{array}{l} \langle w_1, t_1 \rangle \longrightarrow \{a, b\} \\ \langle w_1, t_2 \rangle \longrightarrow \{a, b\} \\ \langle w_1, t_3 \rangle \longrightarrow \{b, c\} \\ \langle w_2, t_1 \rangle \longrightarrow \{b, c\} \\ \langle w_2, t_2 \rangle \longrightarrow \{c\} \\ \langle w_2, t_3 \rangle \longrightarrow \{c\} \end{array} \right)$$

Нетрудно заметить совпадение экстенционалов индивидуальных констант m и j в $\langle w_1, t_3 \rangle$: $|m|^{M, \langle w_1, t_3 \rangle, g} = |j|^{M, \langle w_1, t_3 \rangle, g}$. Отсюда, $|S(m)|^{M, \langle w_1, t_3 \rangle, g} = |S(j)|^{M, \langle w_1, t_3 \rangle, g}$. Однако для интенционалов $|m|^{M, g} \neq |j|^{M, g}$, и соответственно, $|S(m)|^{M, g} \neq |S(j)|^{M, g}$:

$$(2-38) \quad |S(m)|^{M, g} = \left(\begin{array}{l} \langle w_1, t_1 \rangle \longrightarrow 1 \\ \langle w_1, t_2 \rangle \longrightarrow 1 \\ \langle w_1, t_3 \rangle \longrightarrow 1 \\ \langle w_2, t_1 \rangle \longrightarrow 0 \\ \langle w_2, t_2 \rangle \longrightarrow 0 \\ \langle w_2, t_3 \rangle \longrightarrow 0 \end{array} \right) \quad |S(j)|^{M, g} = \left(\begin{array}{l} \langle w_1, t_1 \rangle \longrightarrow 0 \\ \langle w_1, t_2 \rangle \longrightarrow 1 \\ \langle w_1, t_3 \rangle \longrightarrow 1 \\ \langle w_2, t_1 \rangle \longrightarrow 1 \\ \langle w_2, t_2 \rangle \longrightarrow 0 \\ \langle w_2, t_3 \rangle \longrightarrow 0 \end{array} \right)$$

Понятие интенционала и экстенционала взаимопределимы:

$$(2-39) \quad |\alpha|^{M, g}(\langle w, t \rangle) = |\alpha|^{M, w, t, g}$$

Интенциональные логики – это специальные языки, которые содержат выражения, явно указывающие как на интенционал, так и на экстенционал. Первая интенциональная логика была построена в "A formulation of the Logic of Sense and Denotation" [Church, 1951]. Д.Каплан [1964] предложил для нее семантику в духе Карнапа. Монтегю, продолжая эту традицию, дает полное описание интенциональных языков и их интерпретаций [Montague, 1968, 1970a, 1970b]. Он вводит особые обозначения для интенционалов ($\hat{\ }^{\sim}$) и экстенционалов ($\hat{\ }^{\sim}$):

$$(2-40) \quad \text{Если } \alpha \text{ – выражение языка, то } \hat{\ }^{\sim}\alpha \text{ есть выражение, которое обозначает } |\alpha|^{M, g}$$

$$(2-41) \quad \text{Если } \alpha \text{ есть выражение языка, то } \hat{\ }^{\sim}\alpha \text{ есть выражение, которое обозначает } |\alpha|^{M, g}(\langle w, t \rangle)$$

для любого индекса $\langle w, t \rangle$.

Формулировка (2-40) допускает итерацию $\hat{}$, в частности, если α имеет вид $\hat{\beta}$, то по (2-40) образуем $\hat{\hat{\beta}}$. Аналогично, можно получить $\hat{\hat{\hat{\beta}}}$ и т.д. Образование интенционалов от интенционалов не представляет интерес, поскольку каждый раз подобная функция оказывается *постоянной*. Имеется только одно значение функции $|\hat{\beta}|^{M, g}$ для каждого индекса $\langle w, t \rangle$: $|\beta|^{M, g}$. Аналогично, $|\hat{\hat{\beta}}|^{M, g}$ есть постоянная функция на индексах, которая для каждого индекса $\langle w, t \rangle$ выдает функцию $|\hat{\beta}|^{M, g}$. Знаки $\hat{}$ и \sim взаимно уничтожают друг друга при соединении:

$$(2-42) \quad |\sim \hat{\alpha}|^{M, w, t, g} = |\alpha|^{M, w, t, g}.$$

III. Интенциональные логики в РТQ

Интенциональная логика (IL), предложенная Монтегю в РТQ, строится исходя из идей теории типов, семантики возможных миров и явного выделения интенциональных и экстенциональных выражений. В рекурсивное определение множества типов (TYPE) добавляется новый тип $\langle s, a \rangle$ для интенционалов (или смыслов), соответствующих каждому типу a . Воспроизведем конструкцию Монтегю.

1 Синтаксис IL

Пусть t, e, s – есть фиксированные объекты. Множество *типов* TYPE рекурсивно определяется.

(2-43)

1. $t \in \text{TYPE}$.
2. $e \in \text{TYPE}$.
3. Если $a, b \in \text{TYPE}$, то $\langle a, b \rangle \in \text{TYPE}$.
4. Если $a \in \text{TYPE}$, то $\langle s, a \rangle \in \text{TYPE}$

A. Основные выражения IL

1. Для любого типа a Con_a есть счетно бесконечное множество (нелогических) *констант*.
2. Для любого типа a Var_a есть счетно бесконечное множество *переменных*.

B. Синтаксические правила образования IL

Множество *осмысленных выражений типа a* , обозначаемое через ME_a , рекурсивно определяется:

1. Каждая переменная типа a $v_{n,a} \in ME_a$, для любого натурального числа n .
2. Каждая константа типа a $c_{n,a} \in ME_a$, для любого натурального числа n .
3. Если $\alpha \in ME_a$, и u есть переменная типа b , то $\lambda u \alpha \in ME_{\langle b,a \rangle}$.
4. Если $\alpha \in ME_{\langle a,b \rangle}$ и $\beta \in ME_a$, то $\alpha(\beta) \in ME_b$.
5. Если $\alpha, \beta \in ME_a$, то $\alpha = \beta \in ME_t$.
6. Если $\varphi \in ME_t$ и $\psi \in ME_t$, то $\neg\varphi, [\varphi \wedge \psi], [\varphi \vee \psi], [\varphi \rightarrow \psi], [\varphi \leftrightarrow \psi] \in ME_t$.
7. Если $\varphi \in ME_t$ и u есть переменная (любого типа), то $\forall u \varphi \in ME_t$.
8. Если $\varphi \in ME_t$ и u есть переменная (любого типа), то $\exists u \varphi \in ME_t$.
9. Если $\varphi \in ME_t$, то $\Box \varphi \in ME_t$.
10. Если $\varphi \in ME_t$, то $\mathbf{F}\varphi \in ME_t$.
11. Если $\varphi \in ME_t$, то $\mathbf{P}\varphi \in ME_t$.
12. Если $\alpha \in ME_a$, то $\hat{\alpha} \in ME_{\langle s,a \rangle}$.
13. Если $\alpha \in ME_{\langle s,a \rangle}$, то $\check{\alpha} \in ME_a$.

В отличие от L_{TYPE} язык IL содержит дополнительные средства – модальный оператор \Box , временные операторы \mathbf{F} и \mathbf{P} , а также символ равенства. $\Box\varphi$ читается: необходимо (всегда) φ , $\mathbf{F}\varphi$ – будет так, что φ , $\mathbf{P}\varphi$ – было так, что φ .

2. Семантика IL

А. Модель для IL

Модель для IL есть упорядоченная пятерка $\langle A, W, T, <, F \rangle$, такая что A, W, T – непустые множества, $<$ – линейный порядок на T , F – есть функция с областью определения на множестве всех констант IL . Прежде чем определить множество значений F , вводится D_a – множество возможных значений типа a (где a, b – любые типы):

(2-44)

1. D_e есть A .
2. D_t есть $\{0, 1\}$.
3. Для любых типов a и b , $D_{\langle a,b \rangle}$ есть $D_b^{D_a}$.

4. Для любого типа a $D_{\langle s, a \rangle} = D_a^{W \times T}$.

Множество возможных значений типа $\langle s, a \rangle$, то есть $D_{\langle s, a \rangle}$, есть множество всех функций из множества индексов $W \times T$ (множества упорядоченных пар) в множество D_a (возможных значений типа a). Монтегю называет множество $D_{\langle s, a \rangle}$ множеством смыслов типа a и обозначает через S_a ($S_a = D_{\langle s, a \rangle}$).

Функция F приписывает каждой константе типа a элемент S_a . Интенционал, по существу, понимается как "выбранный смысл", тогда как множество смыслов есть множество "всех возможных смыслов". Каждый интенционал есть объект из S_a , но не каждый объект из S_a соотносится с каким-либо выражением языка.

Приписывание переменным g есть функция, заданная на множестве всех переменных и выдающая по каждой переменной типа a член множества D_a . Таким образом, каждой константе языка функция F приписывает интенционал, а каждой переменной функция g приписывает экстенционал.

В. Семантические правила II

Следующие правила рекурсивно определяют экстенционал любого выражения типа a относительно модели M , мира $w \in W$, момента времени $t \in T$ и приписывания переменным g , который будем обозначать $|\alpha|^{M, w, t, g}$:

(2-45)

1. Если α есть константа, то $|\alpha|^{M, w, t, g} = [F(\alpha)](\langle w, t \rangle)$ (другими словами, экстенционал α в $\langle w, t \rangle$ есть результат подстановки интенционала α , который задается F , к аргументу $\langle w, t \rangle$)

2. Если α есть переменная, то $|\alpha|^{M, w, t, g} = g(\alpha)$.

3. Если $\alpha \in ME_a$ и $u \in \text{Var}_b$, то $\lambda u[\alpha]^{M, w, t, g}$ есть функция h из D_b в D_a такая, что для всех объектов k в D_b , $h(k) = |\alpha|^{M, w, t, g'}$, где g' есть такая же как g , за исключением того, что $g'(u)$ есть объект k .

4. Если $\alpha \in ME_{\langle a, b \rangle}$ и $\beta \in ME_a$, то $|\alpha(\beta)|^{M, w, t, g} = |\alpha|^{M, w, t, g}(|\beta|^{M, w, t, g})$.

5. Если $\alpha \in ME_a$ и $\beta \in ME_a$, то $|\alpha = \beta|^{M, w, t, g} = 1$ е.т.е. $|\alpha|^{M, w, t, g}$ есть тот же самый объект, что и $|\beta|^{M, w, t, g}$.

6. Если $\varphi \in ME_t$, то $|\neg\varphi|^{M, w, t, g} = 1$ е.т.е. $|\varphi|^{M, w, t, g} = 0$, в противном случае $|\neg\varphi|^{M, w, t, g} = 0$.

7.-10. Если $\varphi \in ME_t$ и $\psi \in ME_t$, то $|\varphi \wedge \psi|^{M, w, t, g} = 1$ е.т.е. $|\varphi|^{M, w, t, g}$ и $|\psi|^{M, w, t, g}$ обе равны 1. Определение для оставшихся логических связок $|\varphi \vee \psi|^{M, w, t, g}$, $|\varphi \rightarrow \psi|^{M, w, t, g}$, $|\varphi \leftrightarrow \psi|^{M, w, t, g}$ дается аналогичным образом.

11. Если $\varphi \in ME_t$ и $u \in \text{Var}_a$, то $|\forall u \varphi|^{M, w, t, g} = 1$ е.т.е. $|\varphi|^{M, w, t, g'} = 1$ для всех g' таких как g за исключением приписывания u .

12. Если $\varphi \in ME_t$ и $u \in \text{Var}_a$, то $|\exists u \varphi|^{M, w, t, g} = 1$ е.т.е. $|\varphi|^{M, w, t, g'} = 1$ для некоторого g' такого как g за исключением приписывания u .

13. Если $\varphi \in ME_t$, то $|\Box \varphi|^{M, w, t, g} = 1$ е.т.е. $|\varphi|^{M, w, t', g} = 1$ для всех $\langle w', t' \rangle$ в $W \times T$.

14. Если $\varphi \in ME_t$, то $|\mathbf{F}\varphi|^{M, w, t, g} = 1$ е.т.е. $|\varphi|^{M, w, t', g} = 1$ для некоторого t' в T такого, что $t < t'$.

15. Если $\varphi \in ME_t$, то $|\mathbf{P}\varphi|^{M, w, t, g} = 1$ е.т.е. $|\varphi|^{M, w, t', g} = 1$ для некоторого t' в T такого, что $t' < t$.

16. Если $\alpha \in ME_a$, то $|\hat{\alpha}|^{M, w, t, g}$ есть такая функция h с областью $W \times T$, что для всех $\langle w', t' \rangle$ в $W \times T$, $h(\langle w', t' \rangle)$ есть $|\varphi|^{M, w', t', g}$.

17. Если $\alpha \in ME_{\langle s, a \rangle}$, то $|\hat{\alpha}|^{M, w, t, g}$ есть $|\alpha|^{M, w, t, g}(\langle w, t \rangle)$ (то есть результат приложения функции $|\alpha|^{M, w, t, g}$ к аргументу $\langle w, t \rangle$).

Понятие истины относительно модели и точки соотнесения. Если φ – формула (то есть $\varphi \in ME_t$), то φ истинна относительно M и $\langle w, t \rangle$ е.т.е. $|\varphi|^{M, w, t, g} = 1$ для любого приписывания g .

Согласно пункту 5, предикат "=" устанавливает равенство выражений по значению. Например, если α и β есть индивидные константы типа e , то выражение $\alpha = \beta$ устанавливает равенство их экстенционалов в данном индексе $\langle w, t \rangle$. Формула $\hat{\alpha} = \hat{\beta}$ утверждает равенство интенционалов, иными словами, равенство всех экстенционалов во всех $\langle w, t \rangle$ из $W \times T$.

Монтегю специально не уточняет разные смыслы модальных понятий. Определение оператора \Box необходимости дается стандартным образом и соответствует смыслу \Box в льюисовской системе S5. За экстенционалами и интенционалами выражений определенных типов закрепляются особые названия, которые мы приводим в таблице 1.

(2-46)

Таблица 1

<i>Тип выражения</i>	<i>Название</i>	<i>Множество возможных семантических значений</i>	<i>Примеры выражений ИЛ</i>
e	индивид	A	$c_{0,e}, j, m, n, u, 0, 1$
<s, e>	индивидуальный концепт	$(A)^{W \times T}$	$\hat{m}, \hat{r}, \hat{\sim} \hat{r}$
t	истинностное значение	$\{0, 1\}$	$S(v_3, e), \exists u S(u), \forall u (u=u), \lambda P [P = \hat{\text{поет}}] (\hat{S})$
<e, t>	множества индивидов	$\{0, 1\}^A$	$S, \lambda u [S(u)], X, Y, \lambda u [S(u) \rightarrow D(u)], \text{ходит}', \text{поет}'$
<s, <e, t>>	свойства индивидов	$(\{0, 1\}^A)^{W \times T}$	$P, \hat{\lambda} u [D(u)]$
<<s, e>, t>	множества индивидуальных концептов	$\{0, 1\}^{(A)^{W \times T}}$	$\text{повышается}', \lambda r [\text{повышается}'(r)]$ $\text{изменяется}', Q$
<<s, <e, t>>, t>	множества свойств индивидов	$\{0, 1\}^{((\{0, 1\}^A)^{W \times T})}$	$\lambda P [P = \hat{\text{ходит}}']$
<s, t>	пропозиции	$\{0, 1\}^{W \times T}$	$p, \hat{\forall} u (u=u)$
<<s, t>, t>	множества пропозиций	$\{0, 1\}^{(\{0, 1\}^{W \times T})}$	$\text{необходимо}', \lambda r [\hat{p} = \square \text{повышается}'(r)]$
<e, <e, t>>	отношения между индивидами	$(\{0, 1\}^A)^A$	$L, R, \lambda u [\lambda v [L(u)(v)]]$
<s, <e, <e, t>>>	отношения-в-интенционале между индивидами	$((\{0, 1\}^A)^A)^{W \times T}$	$\hat{\lambda} u [\lambda v [L(u)(v)]], \hat{R}$

С помощью данной техники можно породить выражения различной мощности типов, но не все они практически исполь-

зуются Монтегю. Комментируя (2-46), отметим, что штрих "'"' используется для указания на тот факт, что данное выражение есть перевод с естественного языка в язык интенциональной логики ИЛ. Например, *ходит'* есть перевод глагола "ходит". По конвенции, мы называем денотат выражения типа $\langle a, t \rangle$ множеством объектов, которые представлены выражением a . В общем виде тип $\langle s, \langle a, t \rangle \rangle$ указывает на *свойство* (интенциональный тип) объектов, представленных выражением типа a . Тип $\langle s, \langle a, \langle b, t \rangle \rangle \rangle$ указывает на *отношение-в-интенционале* между объектами, представленными выражением типа b и выражением типа a . Символы $m, n, 0, 1, S, D$ указывают на константы соответствующих типов, а символы $x, y, z, r, X, Y, P, p, R$ суть сокращения для переменных в таблице типов. Модальности *необходимо* можно дать категорематическую трактовку, понимая *необходимо'* как символ типа $\langle \langle s, t \rangle, t \rangle$. В таком случае сочленение *необходимо'* с $\hat{\phi}$ обеспечивает интенциональность контекста: *необходимо'* ($\hat{\phi}$) [Montague, UG].

Принципиально важное значение имеет вопрос о сочленении функтора с аргументом, согласно правилу В4. В соответствии с ним, выражение типа $\langle a, b \rangle$, сочленяясь с выражением типа $\langle a \rangle$, дает в итоге выражение типа b . Например, комбинируя предикат β типа $\langle e, t \rangle$ с индивидом α типа e получаем формулу $\beta(\alpha)$ типа t . Также можно получить $\delta(\gamma)$ типа t из комбинации δ типа $\langle \langle s, e \rangle, t \rangle$ с γ типа $\langle s, e \rangle$. Однако, согласно В4, *нельзя сочетать* β типа $\langle e, t \rangle$ с γ типа $\langle s, e \rangle$, равно как и комбинировать δ типа $\langle \langle s, e \rangle, t \rangle$ с α типа e . Поскольку, в последних случаях тип функтора не сочетается с типом аргумента, к которому он приложим. Выражение типа $\langle s, a \rangle$ не является непосредственно функтором, а символ s не есть самостоятельный тип, согласно определению типов. Последнее означает, что ни одно выражение в ИЛ прямо не указывает на индекс, но может быть функцией из индексов в объекты, представленные выражениями соответствующих типов.

Применение операторов $\hat{}$ и $\tilde{}$ вносит некоторые возможности в комбинирование экстенциональных аргументов с интенциональными функторами. С их помощью можно отразить тот факт, что объект, представленный некоторым экстенционалом выражения может принадлежать экстенционалу интенционального функтора. Пусть, например, δ есть выражение типа $\langle \langle s, e \rangle, t \rangle$ (свойство индивидов), а β есть индивид типа e . Напрямую сказать, что " β имеет свойство δ " нельзя, поскольку функтор δ приложим не к индивидам, а к индивидным концептам. Но можно сделать это,

косвенным образом, утверждая, что " β имеется в экстенционале свойства δ в данном индексе". В таком случае, запишем: $\sim\delta(\beta)$. Распространяя эту конфигурацию на любые соотношения экстенциональных аргументоров с интенциональными функторами, Монтегю вводит специальную нотацию:

(2-47) Если $\gamma \in ME_{\langle s, \langle a, t \rangle \rangle}$ и $\alpha \in ME_a$ для некоторого типа a , то выражение $\gamma\{\alpha\}$ есть выражение $[\sim\gamma](\alpha)$, которое утверждает, что объект, обозначенный α , имеет свойство, обозначенное γ .

В соответствии с конвенцией (2-47), следующая формула является правильно построенной: $\lambda P \exists u [S(u) \rightarrow P\{u\}]$ (тип $\langle\langle s, \langle e, t \rangle \rangle, t \rangle$). Имеется расширение (2-47) на отношения-в-интенционале. Тогда $\lambda P [\lambda u [S(u) \rightarrow P\{u\}]]$ (тип $\langle\langle s, \langle e, t \rangle \rangle, \langle e, t \rangle \rangle$) также как и $\lambda \{\beta, \alpha\}$ (или $[\sim\gamma](\alpha)(\beta)$) будут правильно построенными.

IV. Особенности грамматики в PTQ

1. Операция перевода

Система интенциональной логики IL используется Монтегю в PTQ для перевода в нее фрагмента английского языка. Отсюда теоретико-модальная интерпретация IL косвенным образом служит интерпретацией соответствующего фрагмента английского языка. В UG [Montague, UG, p.232] Монтегю определяет требования к операции перевода:

- A. Каждое базисное выражение английского переводится в одно и только одно выражение IL.
- B. Имеется *единообразное* соответствие между категориями английского и типами IL: если некоторое выражение английского категории x переводится в IL-выражение типа a , то *все* выражения данной категории переводятся в указанный тип.
- C. Для каждого синтаксического правила английского имеется параллельное правила перевода, которое воспроизводит структуру входов и выходов синтаксического правила.

В конечном итоге, перевод целостного английского выражения определяется переводами его частей и синтаксическими правилами, которые были использованы при конструировании целостной фразы. При подобной стратегии, как видно, сохраняется принцип композициональности: значение сложного выражения является функцией его составляющих.

2. Синтаксические категории

Стремление установить прямое соответствие между логическими типами и синтаксическими категориями, приводит Монтегю к формулировке множества синтаксических категорий (CAT) как параллели к понятию множества типов. Пусть e – категория сущности, а t – элементарная категория истинностного значения (повествовательное предложение). Множество CAT определяется по индукции:

(2-48)

1. $t \in \text{CAT}$;
2. $e \in \text{CAT}$;
3. Если A и $B \in \text{CAT}$, то A/B , $A//B \in \text{CAT}$.

Эта система сконструирована на основе категориальной грамматики Айдукевича [Adukiewicz 1935], в которой выражение категории функтора A/B при сочленении с категорией аргумента B дает составное выражение категории целого A . Например, в РТQ выражение *John (Джон)* категории $t(t/e)$ при сочленении с выражением *walk (гуляет)* категории t/e образует выражение *John walk* категории t . Обратим внимание на то, что имеется отличие в порядке прочтения синтаксических категорий и логических типов. Категории, читаются "справа налево", в отличие от прочтения типов "слева направо". Например, в случае t/e имеем: выражение категории t/e при сочленении с выражением категории e дает выражение категории t . В случае типов имеем: выражение типа $\langle a, b \rangle$ при соединении с выражением типа a образует выражение типа b .

Выражения категории A/B и $A//B$ различаются синтаксически, но не семантически, и соответствуют одному и тому же логическому типу. Переходные глаголы (transitive verbs) имеют категорию t/e , а нарицательные существительные (common nouns) – категорию t/e , но обе категории переводятся в одноместные предикаты $1L$ (тип $\langle e, t \rangle$).

Приведем таблицу категорий некоторых основных выражений, используемых Монтегю в РТQ. Для этого построим таблицу 2. Местоимения с индексами he_0, he_1, \dots играют роль индивидуальных переменных – заменителей выражений определенного рода

Таблица 2

<i>Имя категории</i>	<i>Определение</i>	<i>Грамматический эквивалент</i>	<i>Основные выражения</i>
e		нет	нет
t		предложения	нет
IV	t/e	непереходные глаголы и глагольные фразы (IV – "Intransitive Verb Phrase")	run (бежать) walk (гулять) talk (разговаривать) rise (повышаться) change (изменяться)
T	t/IV	существительные фразы и собственные имена (T: "Term phrase")	John (Джон) Mary (Мэри) Bill (Билл) ninety (90) he ₀ (он ₀), he ₁ , he ₂ , ...
TV	IV/T	переходные глаголы (TV: "Transitive Verb")	find (находит) eat (ест) love (любит)
CN	t/e	нарицательные существительные (CN: "Common Noun")	man (мужчина) woman (женщина) fish (рыба) unicorn (единорог) price (цена) temperature (температура)
SA	t/t	определители предложения ("Sentence Adverb")	necessarily (это необходимо, что)
IAV/T IV/t		предлоги глаголы, образующие придаточные предложения	in (в), about (о) believe that (полагать, что) assert that (утверждать, что)
IV//IV		глаголы, образующие инфинитивы	try (стараться) wish (желать)
DET	T/CN	Определители	every (каждый) the a(n)

3. Перевод категорий в логические типы

Функция перевода f отображает категории английского языка (множество CAT) в логические типы (множество TYPE) и определяется рекурсивно:

(2-49)

1. $f(t) = t$.

2. $f(e) = e$.

3. Для любых категорий $A, B \in \text{CAT}$

$$f(A/B) = f(A//B) = \langle \langle s, f(B) \rangle, f(A) \rangle.$$

В соответствии с (2-49) непереходным глаголам (IV или t/e) и нарицательным существительным (CN или t/e) в семантике соответствуют такие объекты как множества индивидных концептов ($\langle \langle s, e \rangle, t \rangle$). Собственные имена, или термы ($T = t/IV$) представлены такими семантическими объектами как множества свойств индивидных концептов ($\langle \langle s, \langle \langle s, e \rangle, t \rangle \rangle, t \rangle$).

В дальнейших исследованиях по семантикам Монтегю выдвигались эффективные процедуры, позволяющие избежать чрезмерного усложнения семантических объектов. Представляет интерес предложение Беннетта (*Bennett, 1974*) – интерпретировать непереходные глаголы (IV) и нарицательные существительные (CN) как элементарные категории наряду с категорией истинностных значений t , а элементарную категорию e элиминировать. В его подходе категории CN и IV переводятся в множества индивидов (вместо множеств индивидных концептов). Определение функции f в таком случае имеет вид:

(2-51)

1. $f(t) = t$.

2. $f(\text{CN}) = f(\text{IV}) = \langle e, t \rangle$.

3. Для всех категорий A и B

$$f(A/B) = f(A//B) = \langle \langle s, f(B) \rangle, f(A) \rangle.$$

Этого же подхода придерживаются авторы монографии о семантиках Монтегю [*Dowty, 1974*]. В дальнейшем мы будем пользоваться обеими интерпретациями (2-49) и (2-51), каждый раз делая оговорку, если речь пойдет об упрощенной интерпретации Беннетта.

В правилах перевода вводится функция g , которая играет роль, схожую с функцией интерпретации констант F в семантике для Π . Для некоторых основных выражений английского по согласованию выделяются специальные переводы в Π . Например, **man** (человек) переводится в **man'**: $g(\text{man}) = \text{man}'$. Поступая аналогично, можно по любому выражению подобрать аналог со

штрихом в Π в качестве перевода вместо соответствующей константы $c_{n,a}$, где n – порядковый номер, а a – тип константы. Некоторые особые выражения английского языка переводятся не как обычные константы, а специальным образом. Прежде всего это касается термов (T) или собственных имен. Имена **John, Mary, Bill** переводятся в j^* , m^* , b^* , где любое из указанных выражений без звездочки принадлежит множеству индивидных констант ΠCon_a , а взятое вместе со звездочкой переводится в выражение, которому соответствует такой семантический объект как множество свойств индивидных концептов. Например, $m \in \text{ME}_a$, а m^* есть $\lambda P[P\{\hat{m}\}]$, где P переменная типа $\langle s, \langle \langle s, e \rangle, t \rangle \rangle$. Особые переводы имеют кванторные слова, интенциональные термины.

Монтегю выделяет *множество основных выражений категории* A , обозначая его через V_A , и *множество фраз категории* A , обозначая его через P_A . Множество P_A состоит из основных выражений и тех, которые могут быть получены с помощью синтаксических правил. Таблица 2 (2-49) дает пример перечня основных выражений для каждой категории A . Синтаксические правила PTQ задают множество P_A для каждой категории A . $S1$ касается множества V_A :

(2-52) $V_A \subseteq P_A$ для каждой категории $A \in \text{CAT}$.

В остальных синтаксических правилах вводятся структурные операции F_m , где m – порядковый номер операции, которые из выражений одних категорий образуют синтаксические сочленения новых категорий. В общем виде, любое синтаксическое правило выглядит следующим образом:

(2-53) S_n . Если $\alpha \in P_A$ и $\beta \in P_B$, то $F_m(\alpha, \beta) \in P_C$, где $F_m(\alpha, \beta)$ имеет вид ...

P_A и P_B представляют множества фраз категории A и B , соответственно. Структурная операция F_m , сочленяя α с β , дает фразу категории P_C . Далее описываются особые условия сочленения α с β , при которых необходимо учитывать возможные изменения рода, падежей и т.д. Поскольку в данном параграфе мы проясняли стратегию Монтегю в PTQ , которую он предложил для английского языка, будем следовать авторскому замыслу, приводя примеры языка-оригинала.

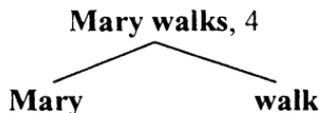
Рассмотрим для примера некоторые важнейшие синтаксические правила. Правило $S4$ называют "субъектно-предикатным":

(2-53) $S4$. Если $\alpha \in P_T$ и $\delta \in P_{IV}$, то $F4(\alpha, \delta) \in P_T$, где $F4(\alpha, \delta) = \alpha\delta'$ и δ' есть результат замены первого глагола (т.е. члена V_{IV} , V_{TV} , V_{IVd}

или $V_{IV/IV}$ в δ на его форму в третьем лице единственном числе настоящего времени.

Правило S4 из существительной фразы (члена P_T) и глагольной фразы (члена P_{IV}) образует предложение (член P_t), соблюдая условия их сочетания. Рассмотрим пример. $Mary \in B_T$ (2-49), по S1 $Mary \in P_T$, $walk \in B_{IV}$ (2-49), по S1 $walk \in P_{IV}$. Аналитическое дерево имеет вид:

(2-54)



В каждом узле аналитического дерева образуется осмысленное выражение, в анализе указывается номер структурной операции. В данном случае делается ссылка на F4.

С каждым синтаксическим правилом S_n связано правило перевода T_n . Правилу S4 соответствует правило перевода T4.

(2-55)

T4. Если $\alpha \in P_T$ и $\delta \in P_{IV}$ и α, δ переводятся в α', δ' , соответственно, то $F4(\alpha, \delta)$ переводится в $\alpha'(\hat{\delta}')$.

Правило T4, также как и S4, принадлежит к правилам *функционального приложения*. Берется перевод α' выражения категории A/B и прилагается как функтор к аргументу – к переводу δ' выражения категории B, в результате получаем выражение $IL \alpha'(\hat{\delta}')$. В синтаксическом правиле сочленения функтора A/B с аргументом B дает в качестве значения категории A. В правиле перевода, согласно соответствию между синтаксическими категориями и логическими типами, берется интенционал аргумента: $\langle\langle s, f(B) \rangle, f(A) \rangle$. Отсюда $\alpha'(\hat{\delta}')$ является правильно построенным выражением.

Поскольку **Mary** переводится в $\lambda P\{P\hat{m}\}$, **walk** в **walk'**, предложение **Mary walk** будет переведено в

(2-56) $\lambda P\{P\hat{m}\}(\hat{walk}')$

Выражение $\lambda P\{P\hat{m}\}$ имеет тип $\langle\langle s, \langle\langle s, e \rangle, t \rangle \rangle, t \rangle$, \hat{walk}' – принадлежит типу $\langle s, \langle\langle s, e \rangle, t \rangle \rangle$. Отсюда (2-56) является правильно построенным и принадлежит типу t . Заметим, что для экстенциональных глаголов типа **walk** Монтегю использует перевод в экстенциональной позиции. Для этого используется специальное обозначение со звездочкой. Если δ есть перевод некоторого глагола в интенциональной позиции, которому соответствует множество индивидных концептов (или множество отношений

между ними) то δ . есть экстенциональный эквивалент δ . Выражению δ . соответствует множество индивидов (или отношения между индивидами) [PTQ, 265]. Отсюда предложение **Mary walk** вместо перевода (2-56) переводится в:

(2-57) $\lambda P[P\{^m\}](^{\text{walk}'})$,

где m – константа типа e , а $^{\text{walk}'}$ имеет тип $\langle s, \langle e, t \rangle \rangle$, а P – переменная типа $\langle s, \langle e, t \rangle \rangle$. Согласно принципу лямбда-конверсии, (2-57) эквивалентно

(2-58) $^{\text{walk}'}. \{m\}$.

Согласно соглашению о скобках (2-47) преобразуем (2-58) в

(2-59) $\sim\text{walk}'.(m)$.

В соответствии с (2-42) о взаимоуничтожении интенционала и экстенционала имеет место последнее эквивалентное преобразование:

(2-60) **walk'**. (m).

Можно провести подобные преобразования относительно всех простейших экстенциональных случаев символизации. В PTQ приводятся следующие примеры [PTQ, 266].

(2-61)

a man walks: $\exists u[\text{man}'.(u) \wedge \text{walk}'.(u)]$

(какой-то) человек гуляет: $\exists u[\text{человек}'.(u) \wedge \text{гуляет}'.(u)]$

(2-62)

every man walks: $\forall u[\text{man}'.(u) \rightarrow \text{walk}'.(u)]$

каждый человек гуляет: $\forall u[\text{человек}'.(u) \rightarrow \text{гуляет}'.(u)]$

(2-63)

John finds a unicon: $\exists u[\text{unicorn}'.(u) \wedge \text{finds}'.(j,u)]$

Джон находит единорога: $\exists u[\text{единорог}'.(u) \wedge \text{находит}'.(u)]$

u – индивидуальная константа типа e .

Рассмотрим синтаксическое правило S2 для кванторов – выражений категории T/CN:

(2-64)

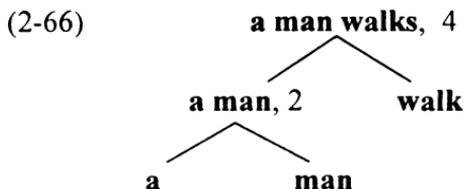
S2. Если $\delta \in P_{T/CN}$ и $\zeta \in P_T$, где $F2(\delta, \zeta) = \delta'\zeta$ и δ' есть δ , кроме того случая, когда δ есть **a** и первое слово в ζ начинается с гласной буквы; тогда δ' есть **an**.

Правило S2 позволяет соединять **every** (каждый) с **man** (человек), для того, чтобы получить **every man** (каждый человек); **the** (данный, какой определенный) с **man** в результате дает **the man**, а в сочетании с **man** дает **a man**, но в сочетании с **apple** (яблоко) дает **an apple**.

S2 соответствует правилу перевода:

(2-65) T2. Если $\delta \in P_{T/CN}$ и $\zeta \in P_{CN}$, то $F2(\delta, \zeta)$ переводится в $\delta'(\zeta')$.

Следующее аналитическое дерево дает пример образования **a man walks** (какой-то человек гуляет) с помощью S2 и S4:



Кванторы (логические термины) переводятся следующим образом (будем использовать символ \Rightarrow вместо "переводятся в" [Partee, 1975]):

(2-67)

every $\Rightarrow \lambda P[\lambda Q \forall x[P\{x\} \rightarrow Q\{x\}]]$

the $\Rightarrow \lambda P[\lambda Q \exists y[\forall x[P\{x\} \leftrightarrow x=y] \wedge Q\{y\}]]$

a $\Rightarrow \lambda P[\lambda Q \exists x[P\{x\} \wedge Q\{x\}]]$

P, Q – переменные $\forall_{0<s, <<s, e, t>>}$, $\forall_{1<s, <<s, e, t>>}$. Поскольку кванторные выражения имеют категорию T/CN, в соответствии с (2-50) они в ΠL представлены следующим типом: $f(T/CN) = f((t/IV/CN) = f(t/t/e/t/e) = <<s, f(t/t/e), f(t/e)> = <s, <<s, f(t/e), f(t)>, <<s, f(e), f(t)>> = <s, <s, <<s, f(e), f(t)>, f(t)>, <<s, e, t>> = <s, <<s, e, t>, <s, <<s, e, t>, t>>$.

Нетрудно убедиться, что перевод (2-67) является адекватным условию (2-50). Поскольку в экстенциональных случаях предлагается интерпретация предикатов не на множествах индивидуальных концептов, а в множествах индивидов, **man** переводится в **man'**. типа $\langle e, t \rangle$, а **walk** – в **walk'**. типа $\langle e, t \rangle$. Отсюда аналитическому дереву (2-66) будет соответствовать упрощенный перевод, где P и Q берутся как переменные типа $\langle s, \langle e, t \rangle \rangle$ (свойства индивидов), а u – переменная типа e:

(2-68)

1. **every** $\Rightarrow \lambda P[\lambda Q \forall u[P\{u\} \rightarrow Q\{u\}]]$ член $B_{T/CN}$

2. **man** \Rightarrow **man'**. член B_{CN}

3 **every man** $\Rightarrow \lambda P[\lambda Q \forall u[P\{u\} \rightarrow Q\{u\}]](\hat{\text{man}}')$
T2, из 1,2

- | | |
|--|----------------------------|
| 4. $\lambda Q[\forall u[\hat{\text{man}}'.\{u\} \rightarrow Q\{u\}]]$ | λ -конверсия; из 3 |
| 5. $\lambda Q[\forall u[\sim\hat{\text{man}}'.(u) \rightarrow Q\{u\}]]$ | конверсия скобок; из 4 |
| 6. $\lambda Q[\forall u[\text{man}'.(u) \rightarrow Q\{u\}]]$ | \sim -сочленение; из 5 |
| 7. $\text{walk} \Rightarrow \text{walk}'.$ | член BIV |
| 8. $\lambda Q[\forall u[\text{man}'.(u) \rightarrow Q\{u\}]](\hat{\text{walk}}'.)$ | T4, из 4,5 |
| 9. $\forall u[\text{man}'.(u) \rightarrow \hat{\text{walk}}'.\{u\}]$ | λ -конверсия, из 8 |
| 10. $\forall u[\text{man}'.(u) \rightarrow \sim\hat{\text{walk}}'.(u)]$ | конверсия скобок; из 9 |
| 11. $\forall u[\text{man}'.(u) \rightarrow \text{walk}'.(u)]$ | \sim -сочленение; из 10 |

Перейдем к анализу интенциональных контекстов. Для этого рассмотрим синтаксическое правило сочленения транзитивных глаголов и существительных фраз (T) для того, чтобы получить нетранзитивные глаголы (IV):

(2-69) S5. Если $\delta \in P_{IV}$ и $\beta \in P_T$, то $F5(\delta, \beta) \in P_N$, где $F5(\delta, \beta) = \delta\beta$, если β не имеет формы he_n и $F5(\delta, he_n) = \delta him_n$.

В соответствии с таблицей (2-49), множество основных выражений, включающих термы (B_T) содержит индивидуальные переменные he_0, he_1, \dots , которые играют ту же роль, что и переменные v_1, v_2 в языке L_{PR} : их связывает оператор замены переменных термовыми фразами. В язык IL они переводятся:

(2-70) he_n переводится в $\lambda P\{x_n\}$.

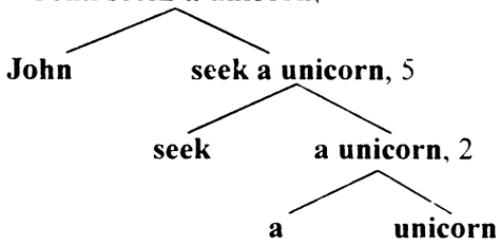
x_n , в соответствии с упрощенной трактовкой, имеет тип e (в $PTQ - \langle s, e \rangle$). S5 соответствует правилу перевода T5;

(2-71)

T5. Если $\delta \in P_{IV}$ и $\beta \in P_T$, то $F5(\delta, \beta)$ переводится в $\delta'(\hat{\beta}')$.

Рассмотрим применение данного правила к интенциональному глаголу **seek** (ищет). De dicto-прочтению предложения **John seeks a unicorn** (Джон ищет единорога) будет соответствовать аналитическое дерево:

(2-72) **John seeks a unicorn, 4**



Глагол **seek** переводится в **seek'**. В системе РТQ путем преобразований, аналогичных (2-68) достигается следующее прочтение (2-72) в упрощенной трактовке (РТQ, 266):

(2-73) $\text{seek}'(\lambda Q\exists x[\text{unicorn}'.(x)\wedge Q(x)](j))$,

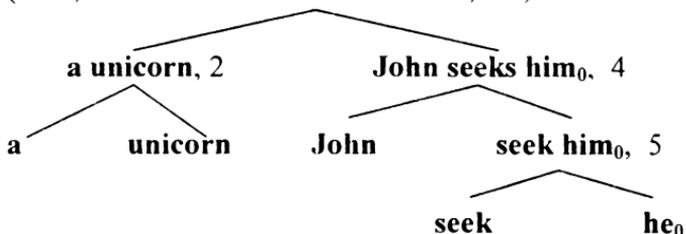
что эквивалентно:

(2-74) $\text{seek}'(j, \lambda Q\exists x[\text{unicorn}'.(x)\wedge Q(x)])$

(2-74) утверждает, что **John** (**Джон**, индивид обозначенный j) находится в "**seek**-отношении" ("**искать**-отношении") к свойству быть свойством, которым обладает данный **unicorn** (**единорог**). Контекст (2-72) являет пример *неспецифического прочтения*, в котором имеется "**искать**-отношение" не между индивидами реального мира, а между действительными индивидами (в данном случае **Джоном**) и свойством "*единорогости*" (термин свойство употребляется здесь в принятом техническом смысле). В актуальном мире единорогов нет, свойство, обозначенное $\hat{\text{unicorn}}$, имеет нулевое множество (индивидов) в качестве экстенционала во всех индексах в актуальном мире, но имеются иные индексы, где данное множество не пусто (чему соответствует сложные мифологические представления о единорогах). Для того, чтобы «просмотреть» эти индексы, в анализ вводится интенциональный объект – свойство свойств, то есть функция из индексов в множество свойств. В актуальном мире множество единорогов, множество свойств единорогов пусты, но имеются некоторые (виртуальные) индексы, где данные множества не пусты.

"Специфическое прочтение" предложения "John seek a unicorn" выделяет некое особенного, но не именованного единорога такого, что **Джон** ищет его. Ему соответствует принцип квантификации, названный "квантификацией-в":

(2-75) **John seeks a unicorn, 10,0**



(2-75) соответствует перевод:

(2-76) $\exists x[\text{unicorn}'(x)\wedge [\text{seek}'(j, \lambda P[P\{x\}]])]$

Согласно данному переводу, единорог существует в актуальном мире, поскольку переменная x не находится в сфере действия интенционала $\hat{}$, а занимает экстенциональную позицию. Посмотрим, что означает выражение (2-76), обратив внимание на понятие *сублимации*. Понятие сублимации используется для характеристики особых соотношений между индивидами и их свойствами. Под *индивидуальной сублимацией* понимается максимально непротиворечивое множество свойств, характеризующих данного индивида (в некотором индексе). Под *универсальной сублимацией* понимается такое соотношение, при котором множество свойств характеризует каждого индивида (заданного множества). При *экзистенциальной сублимации* отдельно взятые свойства присущи некоторым индивидам множества, тогда как иные индивиды данного множества характеризуются иными свойствами, но ни одно свойство не присуще всем индивидам.

Интенциональный глагол **seek** (**ищет**) можно перевести в терминах экстенционального первопорядкового предиката **seek'**, понимая под последним отношение между индивидами и сублимированными понятиями индивидов. Тогда для данного случая δ . (любой глагол, который имеет ту же категорию, что и **seek**) можно определить следующим образом:

$$(2-77) \quad \delta. =_{df} \lambda y \lambda x [\delta(\hat{\lambda P} [P\{y\}])(x)]$$

где $\delta \in ME_i(TV)$.

В новой нотации (2-76) будет эквивалентно:

$$(2-78) \quad \exists x [\text{unicorn}'(x) \wedge [\text{seek}'(j, x)]]$$

(2-78) читается: " δ . есть то отношение, которое имеет место между индивидами x и y , когда δ имеет место между x и сублимацией y ". В соответствии с (2-78) глаголу **seek'**(δ), будет соответствовать глагол **seek'**. (δ).

Глава 3

Модально-эпистемические контексты и интенциональная логика

Ричард Монтегю стоял в начале той важной и кропотливой работы, которая велась аналитиками-лингвистами и логиками по прояснению смыслов интенциональных понятий. С тех пор многое изменилось и в самой логике, и в логическом анализе языка. Появились новые возможности для приложения логики в грамматике. В современной *модальной логике* разработаны достаточно богатые средства, обеспечивающие всесторонний анализ модальных понятий. Имеется специальный раздел неклассических логик, связанный с исследованием терминов, относящихся к знанию и познавательным ситуациям, который именуется *эпистемической логикой*.

Формализованные языки логики, решая задачи экспликации понятий, продолжают оставаться далекими от структуры эмпирических контекстов языка. В логическом анализе языка можно выделить два пути: "*сверху*" или *концептуальный* – от содержательных предпосылок к построению абстрактных моделей, и "*снизу*" или *лингвистический* – от эмпирических контекстов к формальным моделям. По преимуществу, современная логика предпочитает идти по пути "сверху". В семантике естественного языка наибольший эффект получается, когда оба пути взаимно дополняют друг друга. Исследуя поверхностную структуру предложений, внимательный взгляд логика усматривает логические отношения, которые могут ускользать из поля зрения лингвиста. В последующем изложении мы будем придерживаться как концептуальной, так и лингвистической стратегий. Синтез современной логики и грамматики, по нашему мнению, обеспечил бы новую жизнь начинаниям Монтегю.

В данной главе предлагается новая версия интенциональных логик и грамматик, с помощью которых решается задача формализации модализированных, оремененных и "эпистемически нагруженных" фрагментов естественного языка, содержащих разнообразные оттенки познавательных отношений. Вводимые модификации метода Монтегю основаны на идеях построения двухуровневых логик и семантик. Разрабатывается версия грам-

матик для фрагмента русского языка, в которой сочетаются категориальный и фразовые подходы. Сложные модализированные фразы понимаются как единое целое, в формальной грамматике представлены нерасчленяемыми оборотами, а в языках логики каждая фраза переводится в соответствующий ей простой модальный оператор.

I. Обсуждение проблемы интенциональности

1. Интерпретация глагола "believe" ("полагать") в PTQ

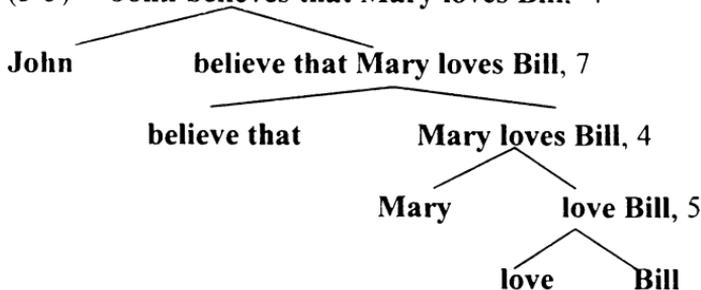
В PTQ глагол believe (полагать, считать) интерпретируется как член категории IV/t (глава 2, таблица 2). В сочетании с предложением данный глагол "на выходе" дает фразу непереходного глагола (IV-phrase). Например, соединяя глагол **полагать** (IV/t) с предложением **Мэри любит Билла** (t), можно получить фразу непереходного глагола (IV) – **полагать, что Мэри любит Билла**. Затем, сочетая собственное имя (категория t/IV), например, **Джон** с фразой непереходного глагола (IV) получаем предложение (t): **Джон полагает, что Мэри любит Билла**. Выпишем специальные синтаксические правила образования фраз непереходных глаголов в общем случае (S5) и с глагольными фразами типа **полагать-что** (S7) [PTQ, 251].

(3-1) S5. Если $\delta \in P_{IV/t}$ и $\beta \in P_t$, то $F5(\delta, \beta) \in P_{IV}$, где $F5(\delta, \beta) = \delta\beta$, если β не имеет форму he_n и $F5(\delta, he_n) = \delta him$.

S7. Если $\delta \in P_{IV/t}$ и $\beta \in P_t$ то $F6(\delta, \beta) \in P_{IV}$, где $F6(\delta, \beta) = \delta\beta$.

Аналитическое дерево для предложения **John believes that Mary loves Bill** (Джон полагает, что Мэри любит Билла) будет выглядеть следующим образом:

(3-3) **John believes that Mary loves Bill. 4**



В соответствии с традицией, ведущей от Фреге, придаточное предложение **Mary loves Bill** (**Мэри любит Билла**), имеет интенциональную трактовку. В данном контексте не решается вопрос о том, любит ли в действительности Мэри Билла или нет. В нем нечто говорится лишь о мнении Джона по поводу взаимоотношений Мэри и Билла. Мнение не есть знание как нечто истинное, мнение лишь возможно истинное (или возможно ложное, если сравнить со значением глагола "мнить"). Ситуация, о которой говорится в предложении "Мэри любит Билла" может иметь место в одном из возможных миров, или, говоря в терминологии интенциональной логики, в одном из экстенсионалов интенционального понятия "полагает". Причем сам глагол соотнесен с конкретным лицом – Джоном, отсюда и возможный мир. в котором Мэри любит Билла, должен быть соотнесен с индивидуальной константой **Джон**. Рассмотрим предлагаемый Монтегю перевод, соответствующий аналитическому дереву (3-3). Основная идея стратегии перевода заключается в том, чтобы по мере возможности использовать экстенциональную трактовку терминов, "не добавляя сущностей без нужды". В этих целях Монтегю предлагает следующие принципы перевода [PTQ, 263]. Для экстенциональных глаголов типа **love** (**любить**), **find** (**находить**), **eat** (**есть**) вводится следующий постулат значения, где δ есть обозначение для перечисленных глаголов:

$$(3-4) \quad \exists S \forall x \forall y \varphi \square [\delta(x, y) \leftrightarrow \varphi \{ \lambda y [S \{ \tilde{x}, \tilde{y} \}] \}]$$

В (3-4) переменные x, y имеют тип $\langle s, e \rangle$, S – переменная типа $\langle s, \langle e, \langle e, t \rangle \rangle \rangle$, а φ – переменная типа $\langle s, \langle \langle s, \langle \langle s, e \rangle t \rangle \rangle, t \rangle \rangle$. φ пробегает по сублимированным понятиям. Формула (3-4) гласит, что имеется некоторое отношение S (в интенционале), в экстенционале которого есть пара индивидов, обозначенных x и y . Искомое экстенциональное отношение S есть ничто иное как знакомое отношение со звездочкой. Для перечисленных экстенциональных глаголов (3-4) сводится к следующему постулату [PTQ, 265]:

$$(3-5) \quad \forall x \forall y \varphi \square [\delta(x, y) \leftrightarrow \varphi \{ \delta. \lambda y [(\tilde{x}, \tilde{y})] \}]$$

Согласно (3-5), интенциональному отношению δ соответствует экстенциональное $\delta.$, но не для интенциональных глаголов типа **seek**. В соответствии с (3-5), фразу **Mary loves Bill** можно перевести экстенционально: **love'**. (m,b). Для интенционального глагола **seek** имеется иной постулат значения, который делает возможной экстенциональную трактовку лишь для действующего индивида, например, **Джона** во фразе **Джон ищет единорога**. Та

же ситуация складывается и относительно глаголов типа **believe**, называемых пропозициональными установками. Можно подобрать формулу, где индивид занимает экстенциональную позицию, и придаточное предложение должно трактоваться интенционально как пропозиция ($\langle s, t \rangle$). В данном случае **believe** понимается как отношение между индивидами и сублимированными пропозициями. Постулат значения для глагола **believe-that** вводится следующий [PTQ, 263]:

(3-6) $\forall p \exists M \forall x \square [\text{Believe-that}'(x, p) \leftrightarrow M\{\tilde{x}\}]$,

где M – переменная типа $\langle s, \langle e, t \rangle \rangle$.

Можно предложить следующий перевод предложения **John believes that Mary loves Bill** (3-3), соблюдая принципы соответствия между синтаксическими и логическими типами:

(3-7) **believe-that'**(\hat{j} , $\hat{\text{love}}$ '. (m, b))

Рассмотрим особенности, которые характерны для трактовки пропозициональных установок в PTQ:

– для интенционального **love'** имеется его экстенциональный представитель – **love'**, но у пропозициональной установки **believe-that'** соответствующего представителя **believe-that'** нет;

– не проводится различие между различными системами личностных представлений (полаганий).

Сказанное можно пояснить на следующем примере. Переведем предложение **Mary believes, that Mary loves Bill** (**Мэри полагает, что Мэри любит Билла**):

(3-8) **believe-that'**(\hat{m} , $\hat{\text{love}}$ '. (m, b))

Переводы (3-7) и (3-8) совпадают по форме, а форма не передает возможного различия в представлениях Джона и Мэри о любви Мэри к Биллу. Другими словами, пропозиция **Мэри любит Билла** может иметь разные свойства в зависимости от того лица, кто полагает (носителя пропозициональной установки). Рассматриваемое предложение, по существу, представляет собой контекст-анафору (*discourse-anaphora*), в котором значение входящих терминов (в данном случае сочетание терминов, образующих придаточное предложение) соотносено с определенным значением *подразумеваемого* термина.

С развитием исследований в области грамматик и интенциональных логик были сделаны оригинальные предложения по формализации фрагментов естественного языка. Новая техника создавала возможности для учета все более тонких семантических соотношений при формализации. Нарботки в области не-

классических логик, в частности, эпистемических логик, на наш взгляд можно использовать и при решении задач, поставленных Монтегю. Исследования эпистемических контекстов накопили богатый материал по прояснению смыслов познавательных терминов. В этом аспекте встает комплекс задач, связанных с переводом фраз с познавательными терминами в искусственные языки логики без потери смысловой структуры контекста. Отчасти сам Монтегю пытался выявить смыслы специфических и неспецифических прочтений эпистемических контекстов. Но это было лишь началом большой аналитической работы. Перечислим наиболее важные результаты, полученные с тех пор.

Имеется ряд направлений в логике и ее приложениях в компьютерной логике, где пытаются учитывать комплексный характер субъективного фактора при построении формальных моделей. Вводятся такие понятия как области рассуждений, полаганий (believe–domain), "клетки представлений" (believe–cells), фреймы разума (frame of mind), фрагменты, независимые картины мира у одного субъекта. В отечественной литературе данный подход развивался автором [Герасимова 1989], [Герасимова 1993], М.Н.Бежанишвили [Бежанишвили 1987, 1988], В.А.Смирновым [Смирнов 1993]. На зарубежные исследования оказал существенное влияние Д.Льюис [Lewis 1973]. Ввели эти идеи в исследования по искусственному интеллекту Р.Сталнакер, Фагин, Халперн, Мур. См. обзор по эпистемической логике [Mc Arthur Gregory L. 1988]. В традициях финской школы в данном направлении работает В.Рантала [Rantala 1998]. Динамическая логика мнения, различающая области полаганий, развивается в работах многих авторов [Alchourrón, Gardenfors, Makinson 1985], [Segeberg 1995], [Segeberg 1998]. Близкие идеи высказывает Е.Е.Ледников, рассматривающий проблему существования в аспекте многомерных областей знания [Ледников 1997, 1998]. Данные исследования можно расценивать как шаг на пути создания моделей, представляющих собой более утонченную имитацию механизмов интеллектуальной работы (findgrained models). От простого постулирования различных областей полаганий переходят к характеристике отношений между ними, созданию архитектурных семантических ансамблей.

2 Дилемма экстенциональности–интенциональности

Как уже отмечалось в главе 2, понятия интенционала и экстенционала впервые были предложены Карнапом и предназнача-

лись для экспликации понятий смысла и значения языкового выражения. Подход Монтегю предполагает параллель между интерпретацией интенционала выражения α как функции, которая однозначно задает экстенционал α относительно каждого возможного мира, и смыслом выражения α , который однозначно задает значение α . Возникает вопрос, является ли интенциональность-экстенциональность жестко закрепленным свойством? Другими словами, всегда ли выражения одного и того же типа при переводе на язык интенциональной логики строго интенциональны, а другие – строго экстенциональны? А если нет, то каковы критерии выбора одного из членов дилеммы при оценке условий истинности целого контекста? В частности, во *всех* ли случаях контексты с пропозициональными установками следует понимать интенционально?

На первый вопрос ответ был дан незамедлительно. В одних случаях одно и то же выражение следует интерпретировать интенционально, а в других – экстенционально. Интерпретация зависит от возможного прочтения предложения. Рассмотрим примеры из PTQ. Один из них – пример с "температурой" в логических кругах получил название "загадки температуры". Термин "температура" в (3-9) понимается экстенционально, а в (3-10) – интенционально [PTQ, 268]:

(3-9) *Температура равна девяносто*

(3-10) *Температура повышается.*

(3-11) $\exists y[\forall x[\text{temperature}'(x) \leftrightarrow x=y] \wedge [\check{y}] = n]$

(3-12) $\exists y[\forall x[\text{temperature}'(x) \leftrightarrow x=y] \wedge \text{rise}'(y)]$

Напомним, что в PTQ переменные пробегают по интенционалам индивидов, то есть по индивидуальным концептам ($\langle s, t \rangle$), n есть константа "девяносто", **temperature'** и **rise'** есть переводы соответствующий выражений английского языка в язык интенциональной логики. Запись $[\check{y}]$ означает, что во внимание принимается экстенционал интенциональной переменной y . При экстенциональной трактовке (3-10), используя закон тождества равных, можно прийти к бессмыслице типа

(3-13) *"девяносто" повышается.*

(3-14) **rise'**(\hat{n})

Заметим, что в (3-9) речь идет о фиксации статического состояния, а в (3-10) – о динамическом процессе. Интенциональность возникает из-за необходимости усложнения структуры представления информации. Для (3-9) достаточно рассмотреть

одно состояние (возможный мир), в случае с (3-10) рассматривается множество состояний (возможных миров) или моментов времени. Можно говорить о необходимости *сужения* или *расширения* аспектов видения или оценки ситуации. То же самое касается пары глаголов "находить" и "искать", которые относятся к совершению кратковременного и длительного действия, соответственно.

Поместим (3-9) и (3-10) в контексты с пропозициональными установками:

(3-15) *Билл утверждает, что температура равна девяносто*

(3-16) *Билл утверждает, что температура повышается.*

Нетрудно предположить, что интенциональность (3-15) следует, по крайней мере, из интенциональности придаточного предложения (3-10). Следуя Монтегю, можно предложить референциальное прочтение (3-15)

(3-17) $\exists y[\forall x[\text{temperature}'(x) \leftrightarrow x=y] \wedge \text{assert-that}'(\hat{b}, \hat{[[\check{y}] = n]])]$

Как видно, референциальное прочтение пропозициональных установок предполагает явное выделение точек зрения наблюдателя (природы, оракула) и индивида (субъекта пропозициональной установки) и, соответственно различия двух типов квантификации – объектной (публичной, общезначимой, природной) и субъектной (индивидуальной, перцептивной). При референциальном прочтении показывают, что термины, входящие в область действия пропозициональной установки можно понимать в их обычном смысле, если они образуют смысловые единицы, соотнесенные с наблюдателем, то есть входят в смысловое поле, просматриваемое наблюдателем. При описании именно этого компонента значения можно использовать экстенционалы выражений. Смысловое значение, отражающее точку зрения носителя пропозициональной установки, традиционно понимается интенционально. Последнее означает, что либо сами термины, либо их сочленения (то есть приложения функтора к аргументорам) имеют интенциональную интерпретацию. В примере (3-17) имеются выражения \hat{b} и $\hat{[[\check{y}] = n]}$, где $\hat{\quad}$ есть знак интенционала. Попробуем взглянуть на проблему интенциональности–экстенциональности в ином свете, обратив внимание на то, что способы приложения функтора к аргументорам для одних и тех же выражений могут *варьироваться в зависимости от контекста*. Другими словами, не всегда пропозициональные установки следует понимать интенционально. Далее, сами понятия интенциональности и экстен-

сиональности при определенном понимании приобретают относительный характер.

Предположим, что Билл на вопрос о температуре, после просмотра показаний градусника, отвечает, что температура равна девяносто. В данном случае разница между способами представления информации – объектно-ориентированным и субъектно-ориентированным – не играет особой роли, важно фиксировать сам факт измерения температуры. Ссылку на утверждение можно понимать как ссылку на информатора или источник информации. При желании можно указать и в (3-9) источник информации, так как любое языковое выражение субъективно нагружено, а различия возникают в форме, способе представления знания в языке. При соответствующей перестройке семантики, как, например, в логиках с дифференциацией областей полагания, возможно одноплоскостное представление (3-9) и (3-15). Другими словами, для рассматриваемых примеров возможно экстенциональное прочтение. Например, зададим ссылки на источник информации в подстрочном индексе, тогда (3-9) и (3-15) при переводе будут выглядеть следующим образом:

$$(3-18) \exists y[\forall x[\text{temperature}'(x) \leftrightarrow x=y] \wedge [\check{y}] = n]_{ob}$$

$$(3-19) \exists y[\forall x[\text{temperature}'(x) \leftrightarrow x=y] \wedge [\check{y}] = n]_b$$

ob есть ссылка на наблюдателя (observer), а b – на конкретного наблюдателя Билла.

Можно сказать, что в общем случае экстенциональная трактовка субъектно-нагруженных выражений языка связана с моментами объективации смысла, придания ему общезначимого характера в процессе смыслопорождения. Экстенциональность связана с выбором относительно простых (одноплоскостных) семантических способов представления информации.

3. Эпистемические ситуации

Перейдем к рассмотрению эпистемических контекстов в плане обсуждаемой проблемы интенциональных и экстенциональных контекстов. Предположим, что основное намерение наблюдателя заключается в том, чтобы выразить информацию об объекте. При этом акцент делается на самой пропозиции, а указание источника информации имеет второстепенное значение. Подгруппу данного типа составляют случаи, когда нечто утверждает (или отрицается) об объекте. Если имеются прямые свидетельства и наблюдатель уверен в их достоверности, то возможно ото-

ждество наблюдателя с рассматриваемой точкой зрения, которая выдается как отражающая объективное понимание. В таких случаях обычно опускают эпистемические обороты типа "я утверждаю" и выражают суждение в безличной форме, как, например,

(3-20) *Лучи восходящего солнца озарили верхушки сосен.*

В других примерах данного типа речевых ситуаций наблюдатель стремится отделить себя от поступающей извне информации. Акт утверждения (отрицания) происходит на основании косвенных источников информации, причем часто имеется непосредственный контакт с источником, например, имеется явная оценка другим человеком некоторого положения дел, и в целом складывающаяся ситуации пронизана взаимопониманием и доверием. Например, предложение

(3-21) *Андрей утверждает, что Петр имеет роман Л.Н.Толстого "Война и мир", а Наталья утверждает, что он взял его в библиотеке.*

можно интерпретировать всецело эктенсионально, как бы делая проекцию разных смысловых планов на план наблюдателя.

Поясним, что мы имеем в виду под проекцией различных смысловых планов на один. Представим себе, что мы рассматриваем пейзаж, искусно изображенный живописцем на холсте. Всматриваясь и вживаясь в образы родной природы, мы начинаем ощущать свежесть раннего утра, ароматы просыпающихся цветов и трав, приносящий легкий ветерок... Ощущения покоя и гармонии реальны, но навеяны изображением на холсте. Перед нами картина, которая представляет собой проекцию физического трехмерного пространства на двумерную плоскость или, иначе говоря, проекцию реального мира на язык символического изображения. Но язык символов помогает нам "входить" и ощущать жизнь реального цельного мира, созерцать гармонию, подмеченную чуткой душой художника.

По аналогии с картиной можно и язык рассматривать как некоторое измерение, на которое проецируется деятельность различных когнитивных планов сознания. Кроме того, в самом языке находит отражение постоянное проецирование объемного смыслового поля, складывающегося в ходе intersubъективного взаимодействия, на выделенную смысловую плоскость. Последнее, в частности, означает возможность достижения некоторого единообразия в семантическом представлении информации. Например, проекция на план наблюдателя в (3-21) делает возмож-

ным единообразное приписывание значений выражениям по всему предложению в целом. Различие в смысловых полях полаганий Андрея и Натальи в данном случае можно не принимать во внимание.

Заметим, что как по картине можно восстановить образ реального пространства, так и по смысловой проекции в языке можно восстановить полный смысловой объем выраженного содержания. Собственные имена можно рассматривать лишь как индикаторы областей полаганий. Эти индикаторы являются своего рода "спящими" почками. В обычных условиях спящие почки не распускаются. Они идут в рост в экстремальных условиях, когда, казалось бы, растение погибло (заморозки, повреждение коры грызунами), и на нем не осталось ни одной живой ветки. Через спящие почки вступают в действие резервные силы организма, помогающие ему выжить. При нормальном ходе событий индикаторами источников информации ("спящими почками") можно пренебречь, но их можно и "пустить в рост", то есть осуществить проверку источника. Со "спящими почками" (3-21) будет выглядеть следующим образом:

(3-22) *[Петр имеет роман Л.Н.Толстого "Война и мир"]* *Андрей и*
[он взял его в библиотеке] *Наталья*.

Рассматриваемая интерпретация эпистемических контекстов подходит для компьютерного моделирования в распределенной среде, где каждый процесс выполняет свою задачу и идет постоянный обмен информацией в ходе исполнения общей программы. В этих целях требуется унификация языковых средств (переменных) и гарантия истинности утверждений о решении подзадач.

Рассмотрим группу ситуаций, когда информация об объекте носит вероятностный характер, а в языке она выражается терминами типа полагания. В случае прямых свидетельств употребляются обороты "мне кажется", "представляется", "возможно" и т.п. На косвенные источники информации, которые ни проверить, ни опровергнуть наблюдатель не может, однако им доверяет или, точнее говоря, имеет их в виду и использует их в своих рассуждениях, указывают обороты типа "как считают астрономы", "с точки зрения постквантовой физики". Этот класс ситуаций также допускает одномерное (или экстенциональное) прочтение, но в отличие от первой подгруппы требует привлечения вероятностных методов представления информации.

Экстенциональное прочтение допускается и при прочтении контекстов, где имеется нейтральное отношение наблюдателя и к

пропозиции, и к ее автору. Простое воспроизведение мысли "чужого", то есть без ее интерпретации, через дословное, буквальное повторение изреченного лучше всего в языке передается прямой речью, либо близкой к ней косвенной с оборотами типа "сказал, что". К данному типу относится, например, такой акт как *цитирование*. Возможна проекция сказанного на одну плоскость. Но в отличие от предыдущих ситуаций здесь выбирается план автора пропозиции, а не наблюдателя.

Многомерное (или интенциональное) прочтение эпистемических контекстов связано с выделением двух и более планов представления информации. Можно проследить, по крайней мере, две линии – автора (или носителя пропозициональной установки) и наблюдателя. Наблюдатель выражает свое собственное отношение и к пропозиции и к ее автору, как бы вводит свой аспект в порождение смысла. Если экстенциональное прочтение более связано с *констатацией* фактического положения дел, то интенциональное чаще всего связано с выражением *оценки* рассматриваемой ситуации.

Оценка наблюдателем положения дел осуществляется в стремлении осмыслить явно высказанную чужую мысль и выразить ее своими словами. Контексты с оборотами "знает, что", "ошибается в том, что", "вообразил себе, что" предполагают необходимость различия, по крайней мере, двух субъективных планов. В первом случае придаточное предложение должно быть истинно и с точки зрения наблюдателя, и с точки зрения носителя установки. В двух последних случаях ситуация характеризуется парой противоположных значений – истинно и ложно. Например, выражение "вообразил себе, что" подразумевает, что автор имеет одно представление об объекте, а наблюдатель – другое. Используя данную фразу, наблюдатель (или говорящий) пытается выразить свое несогласие с точкой зрения автора. Отсюда в семантике целесообразно ввести не одну, а две системы измерения (два множества возможных миров, представляющих два субъективных видения). К данному типу следует отнести ситуации, когда наблюдатель отделяет себя от другой точки зрения и не принимает ее. Например, в случаях оригинальности, неортодоксальности, непривычности рассматриваемых взглядов при невозможности их проверить. Такая особенность смыслопорождения ведет к особым сочетаниям в возможных мирах и четкому разделению систем полаганий.

Очень часто модальности типа эпистемических выражают результаты наблюдения за поведением другого человека, резуль-

таты анализа его намерений, представлений, когнитивных состояний. В таких ситуациях как бы происходит "приписывание" мнений, желаний, впечатлений чужому сознанию. Человек как бы отражает в своем сознании сознание другого, но, действуя как существо творческое, создает при этом различные модели иного сознания. В результате моделирования "чужого сознания" становится возможным объяснение поведения человека и предсказание его действий в будущем. В акте речи дается оценка *самому субъекту*, делается акцент на *его* отношение к миру и окружающим, а оценка высказанного им содержания мысли отходит на второй план, либо вовсе не производится.

Акт моделирования чужих ментальных состояний в ходе когнитивной коммуникации был подмечен Яккой Хинтиккой, который ввел понятие *альтернативного состояния* как уточнение понятия возможного мира [Хинтикка, 1962, 1969а, 1969б]. Занимаясь изучением различных видов модальностей, Хинтикка обратил внимание на особый аспект возможных миров в моделировании когнитивных процессов. Возможные миры, по его мнению, можно рассматривать как конструкции различных систем знания. Например, пусть $\Box p$ понимается как модальное утверждение "я знаю, что p ", тогда $\Diamond q$ можно понимать как "для всего, что я знаю, возможно, что q ". В таком случае высказывание q должно быть *логически совместимо* с высказыванием p . Высказывание q появляется как бы в некотором возможном мире, который мыслится как *альтернатива* к зафиксированному знанию.

В разработанном Хинтиккой методе *модельных множеств* отношение достижимости между мирами понимается как отношение альтернативности. Если речь идет о *знании* данное отношение трактуется как отношение совместимости со всем тем, что *известно* субъекту в данном мире. Если речь идет о *зрительном восприятии*, то рассматривается отношение совместимости со всем тем, что субъект *видит* в данном мире [Нинилюото 1984]. В каждом случае множество высказываний, описывающее когнитивную альтернативу, есть логическая "достройка", моделирующая полную картину, опираясь на отдельные известные факты. Заметим, что созданный в сознании наблюдателя образ субъекта может отражать черты оригинала лишь с известной степенью адекватности. Отсюда семантические построения как бы дробятся на различные планы рассмотрения и возникает необходимость создания многомерных конструкций. Природа интенциональности, отчасти, объясняется подобной многомерностью.

Суммируя вышесказанное, можно отметить, что субъектно-ориентированные формы представления знания вынуждают ввести в анализ понятие составного субъекта. Составной субъект в субъектно-объектном познавательном отношении сочетает позиции внешнего наблюдателя и внутреннего субъекта (или носителя пропозициональной установки – ПУ). Различные сочетания двух позиций отражены в многообразных языковых формах. Выделим некоторые наиболее важные из них. Обозначим через k имя носителя ПУ. Под *собственным k -значением* языкового выражения α будем понимать значение α , которое имеет в виду носитель ПУ. *Приписанное k -значение* языкового выражения α есть значение, данное наблюдателем выражению α , находящемуся в сфере действия пропозициональной k -установки. Под *k -заимствованным значением* α имеется в виду значение α , используемое наблюдателем и заимствованное им у k -носителя. И, наконец, следует выделить то значение выражения, которое дается самим наблюдателем. В таких случаях будем говорить о (чистом) значении наблюдателя. Если наблюдатель сам выступает в роли носителя ПУ, то будем говорить о *значении k -наблюдателя*. Если наблюдатель разделяет вместе с носителем ПУ значение пропозиции, то будем говорить о *k -разделяемом значении*.

Многоплановость субъектно-ориентированных контекстов еще более усиливается, если учесть иерархичность строения индивидуальных сознаний наблюдателя и носителя пропозициональных установок, а также ряд факторов контекстуального характера. На этих вопросах мы подробнее останавливаться не будем, отметим лишь то, что в перспективе возможен более утонченный анализ. Проблемы и перспективы субъектно-ориентированных семантик интенсивно обсуждаются в настоящее время, как среди логиков, так и среди лингвистов. С логическим аспектом этой сложной проблематики можно ознакомиться по работам: [Васюков В.Л. 1998], [Герасимова И.А. 1994], [Грищенко Г.В. 1997], [Костюк В.Н.], [Сидоренко Е.А. 1995]. Дискуссии по логическому анализу языка отражены в ряде монографий [Логический анализ естественного языка 1986]. [Логический анализ языка 1993, 1995]. К сожалению, многие аспекты контекстов знания и мнения, выделяемые лингвистами, пока не удается охватить в формализованных теориях. Среди открытых вопросов интересен вопрос о нахождении и формализации подходящих соотношений между различными областями полаганий.

Следующая схема дает наглядное представление о предложенной классификации:



II. Принципы семантики возможных миров

1. Структурный подход к конструированию возможных миров

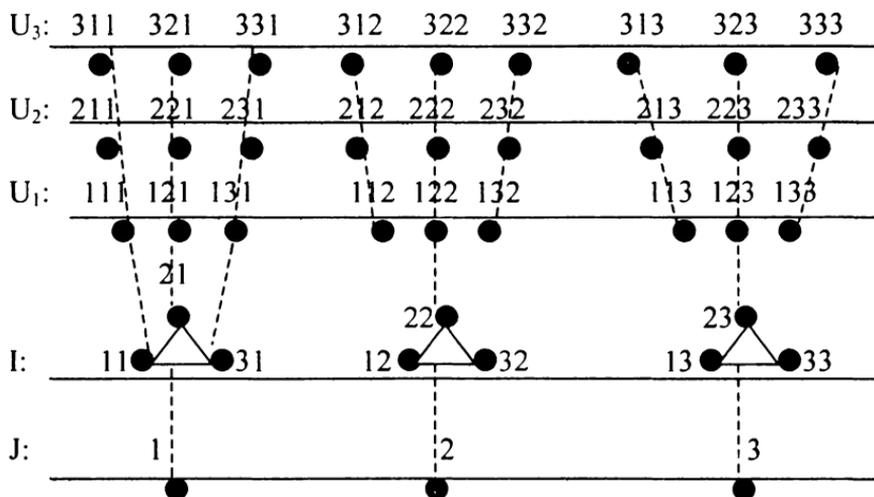
Прежде чем переходить к грамматическому и логическому анализу эпистемических контекстов, выделим те содержательные предпосылки, которые составят фундамент формальной модели. Напомним, что в РТQ не преследовалась цель ввести в анализ какие–либо особые отношения между возможными мирами. Отсюда, например, оператор необходимости \square трактовался в смысле льюисовской системы S5. Если мы хотим использовать формальные семантики неклассических логик, то первое, что нужно сделать – это выявить специальные отношения между точками соотнесения.

В предлагаемой нами модели будут приниматься во внимание три аспекта или три компонента возможных миров: моменты времени, собственно возможные миры и эпистемически возможные миры (или эпистемические альтернативы). Предполагается, что с каждым моментом времени связано множество возможных миров, а с каждым возможным миром – множество эпистемических альтернатив. В итоге мы имеем трех–уровневую ветвящуюся структуру возможных миров. Каждый уровень будем представлять определенный аспект анализа. Так на 1 уровне будут располагаться моменты времени. 2 уровень будет представлять возможные миры – описания точек зрения наблюдателя. На 3 уровне расположатся возможные миры – описания точек зрения познавателя (носителя ПУ). 2 и 3 уровни допускают ветвление внутри себя. Скажем, одному моменту времени будет соответствовать несколько возможных миров (перспектив видения наблюдателя). Каждому возможному миру будет соответствовать несколько эпистемических альтернатив, каждая из которых представляет возможный мир познавателей, если таковых несколько.

Пусть J – есть множество моментов времени, I – множество возможных миров, а U – семейство множеств U_k , где U_k – множество эпистемических альтернатив k –познавателя. Для простоты, рассмотрим конкретную модель. Пусть множество моментов времени состоит из 4 элементов: $J = \{j_1, j_2, j_3, j_4\}$. I состоит из 12 возможных миров с индексами i_{mn} , где первая цифра m указывает на номер возможного мира, а вторая цифра n – указывает на номер момента времени. Так, i_{13} указывает на первый возможный мир в момент j_3 . Возьмем, к примеру, трех познавателей. Тогда в нашей модели будут фигурировать три множества эпистемиче-

ских альтернатив: U_1 , U_2 и U_3 . Каждая эпистемическая альтернатива из любого множества U_l ($l = 1$ или $l = 2$ или $l = 3$) закодирована трехзначным числом – u_{lmp} . Цифра l есть порядковый номер познавателя, mp – номер возможного мира m в момент p . Например, u_{131} читается: эпистемическая альтернатива 1 к возможному миру 3 в момент 1. Для простоты договоримся не писать буквы, обозначающие точки соотнесения. Тогда однозначная цифра будет указывать на момент времени, двухзначная цифра – на возможный мир в момент времени, а трехзначная цифра – на эпистемическую альтернативу к возможному миру в данный момент времени. Сказанное проиллюстрируем на рисунке:

(3-23)



Каждую ветвь графа, начинающуюся с корневого узла j , будем рассматривать как *глобальное описание состояния*, тогда как эпистемические альтернативы с трехзначным номером будут именоваться *локальными описаниями состояний*.

Какие же эпистемические модальности можно анализировать с помощью предложенной модели? Пусть B_k , K_k , $\Diamond B_k$, AS_k есть эпистемические операторы, p – пропозициональная переменная, а k – имя индивида, тогда B_k читается: " k полагает, что p "; K_k читается: " k знает, что p "; $\Diamond B_k$ может иметь следующие прочтения: " k думаю, что k полагает, что p ", " k кажется, что k полагает, что p ", " k полагает, что p " (в смысле k –приписанного значе-

ния"), "*k*, возможно, полагает, что *p*". AS_{kr} читается: "как известно от *k*, имеет место *p*", "как сообщил *k*, имеет место *p*", "от *k* известно, что *p*".

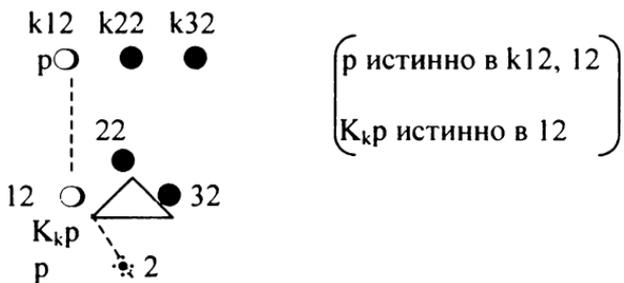
Каждый оператор представляет особый тип значения. Подоператорное выражение *p* в формуле V_{kr} принимает собственное *k*-значение. Семантическую структуру для V_{kr} проиллюстрируем на картинке. Обозначим через заштрихованный кружок те миры, которые не принимаются во внимание при анализе, назовем их теньевыми мирами. Не заштрихованный кружок будем обозначать световые миры, которые учитываются при определении значения. \odot – есть обозначение фиксированного возможного мира, относительно которого делается итоговая оценка (определяется значение всего выражения в целом). Для V_{kr} имеем:

(3-24)



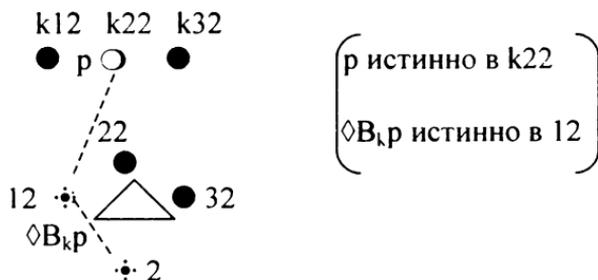
Собственное *k*-значение констатируется как зафиксированное мнение познавателя, им самим высказанное. Для K_k имеем:

(3-25)



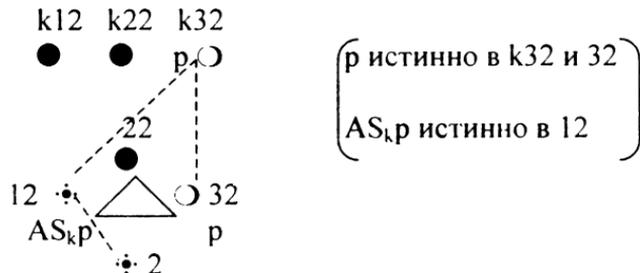
K – разделяемое значение пропозиции предполагает, что познаватель знает пропозицию и наблюдатель подтверждает его утверждение. Для $\diamond V_k$ имеем:

(3-26)



В последнем случае наблюдатель конструирует эпистемическую альтернативу сам, то есть "приписывает" познавателю определенное мнение относительно истинности p . Создаваемый эпистемический мир мыслится как область возможного, того, что непосредственно не связано с миром 12. Отсюда, конструируемая эпистемическая альтернатива имеет иной индекс, в данном случае – $k22$. Пропозиция в $\diamond B_k p$ имеет k -приписанное значение.

(3-27)



В (3-27) представлена диаграмма для для k -заимствованного значения пропозиции в $AS_k p$. Предполагается, что наблюдатель зафиксировал мнение познавателя и имеет его в виду как "возможное истинное", но не знает точно, истинна ли пропозиция в действительности.

2. Фразовая интерпретация эпистемических модальностей

Формальная грамматика Монтегю основана на функциональном подходе к анализу языка. Предполагается, что все выражения языка можно поделить на два типа – функтор и аргумен-

нение (3-29): *ментальное состояние + пропозиция*. Вместо (3-29) предлагается следующее категориальное разделение:

(3-30)

Шумерские жрецы считали-что Нибиру есть двенадцатая планета

Вавилонские жрецы считают Нирибу есть двенадцатая планета

В русском языке глагол "считают" употребляется для обозначения законченного действия, отсюда конструкция (3-30) выглядит неестественной. Для обозначения процесса, в данном случае – мыслительного, употребляется глагол "думать". Заменяя "считать" на "думать", получим следующее дерево:

(3-31)

Шумерские жрецы думали-что Нибиру есть двенадцатая планета

Шумерские жрецы думают Нибиру есть двенадцатая планета

Деление на ментальные состояния и пропозиции предпочтительней тем, что при определении операции перевода категорий русского языка в логические типы эпистемическому обороту *в целом* можно сопоставить эпистемический оператор. Например, фраза "*Шумерские жрецы думают-что*" будет иметь эквивалент

"Ш_{шумерские жрецы}()".

Особенности грамматики эпистемического фрагмента русского языка будут проявляться в том, эпистемические обороты будут иметь *синкатегорематическую* трактовку, также как и логические связки и кванторы. Последнее означает, что в множестве базисных выражений не войдут эпистемические глаголы. В правилах функционального приложения функтор "*полагать-что*" берется как двухместная функция, заданная на термах и предложениях.

3. Речевые ситуации с оборотом "необходимо"

В русском языке оборот "необходимо" входит в состав многих фраз, мы рассмотрим только те ситуации, которые будут фигурировать в нашем фрагменте. Оборот "необходимо" в русском языке никогда не стоит прямо непосредственно перед предложением. Следующие фразы неестественны:

(3-32)

Необходимо 2+2=4.

Необходимо человек является белково-нуклеиновым существом.

Оборот "возможно, что" перед предложением уместен ("*Возможно, что Юпитер превращается в звезду*"), но оборот "необходимо, что" в данных случаях неуместен ("*Необходимо, что магнитосфера Юпитера интенсивно увеличивается*"). Для сравнения заметим, что в РТQ после necessarily сразу идет предложение. Возможно употребление следующих оборотов:

- (3-33) *"это необходимо, что"*
"необходимо истинно, что"
"необходимо, чтобы"

Во всех трех фразеологических оборотах в (3-33) термин "необходимо" выполняет различные функции. Можно говорить о необходимых *истинах*, необходимых *событиях* и необходимых *действиях*. Например, " $2+2=4$ " есть утверждение, необходимое в арифметике (аналитическая истина). Отсюда уместно выражение: "Необходимо истинно, что $2+2=4$ ". Когда речь идет о необходимости событий, то рассматривают параметры локализации событий: пространство и время (физическое, социальное, концептуальное), а также обстоятельства: "*это событие необходимо в данное время при данных обстоятельствах*". Имея в виду необходимость событий, можно сказать: "*Это необходимо, что Билл Клинтон был избран президентом*".

Представляют интерес контексты с модализированными действиями. Во фразах, описывающих действия, модальность "необходимо" начинает выполнять роль императива. Например, в фразе "*необходимо посещать занятия*" выражение "*посещать*" можно понимать как имя родового действия, тогда "*посещать занятия*" будет именем конкретизированного родового действия (видового действия), а термин "необходимо" придает всей фразе смысл императива – долженствования. При переходе к единичным действиям можно сказать, например, так:

- (3-34) *"Пете необходимо посещать занятия"*.

Данное выражение берется опять-таки в виде императива. При выражении в языке единичных действий, также возможен вариант с пропозицией:

- (3-35) *Необходимо, чтобы Петя посетил занятия.*

Оборот "необходимо" в (3-34) выступил в качестве модификатора действий – из действий образуются фразы-повеления, а в (3-35), если судить по внешне-видимой структуре, играет роль

модификатора предложений – из предложений образует предложения. Фразовый оборот "необходимо, чтобы" в русском языке примечателен тем, что в придаточном предложении глагол всегда берется в *прошедшем* времени, но при этом само действие повелевается совершать (совершить) в *будущем*! Приведем пример для глаголов совершенного вида:

(3-36) *Необходимо, чтобы Петя сдал книги в библиотеку.*

В (3-36) подразумевается, что Петя еще не сдал книги, но должен это сделать. В предложении

(3-37) *Необходимо, чтобы 2+2 было равно 4.*

Подразумевается, что было установлено, что $2+2$ равно 4, это истинно (в настоящем) и не может быть изменено (в будущем).

Интерпретацию фразового оборота "необходимо, чтобы" в (3-35) и (3-36) как модификатора предложений (t/t) можно опровергнуть. Если иметь в виду внешнюю структуру, то может показаться, что сочленение модального оборота с предложением дает предложение, точно также как и в случаях с "*это необходимо, что*", "*необходимо истинно, что*", "*возможно, что*". Однако, как мы отмечали, вышеупомянутые модальные обороты "приложимы" к событиям и высказываниям, тогда как в случае с "*необходимо, чтобы*" в придаточном предложении делается акцент именно на действии, которое нужно совершить. Возникает так называемая ситуация *распредмечивания*. Отсюда, "*необходимо, чтобы*" можно рассматривать как модификатор действий. В данном случае логический анализ требует включить в рассмотрение категории имен действий и модификаторов действий. Напрашивается еще один интересный вывод. Функции предложения как описания события или описания действия определены контекстом. Другими словами, одно и то же предложение в зависимости от контекста может указывать на событие или на действие. Например, предложение

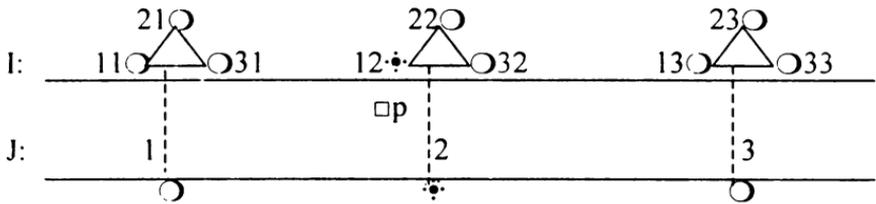
(3-38) *Петя посещал занятия.*

Является овремененным высказыванием, значит оно истинно в настоящий момент времени, если описываемое событие имело место в прошедшем времени. (3-38) можно расценивать как предложение-описание события. Тогда как в (3-35) соответствующая форма придаточного предложения есть фраза-описание действия. В данной главе мы рассмотрим интерпретацию "*необходимо, чтобы*" как модификатора предложений-описаний действий. При таком подходе (3-35) будет иметь смешанное истол-

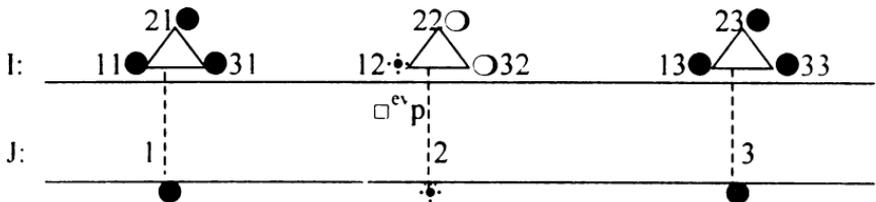
кование, выражая повеление-пожелание наступления события через совершение действия. Оборот "необходимо, чтобы" может быть эквивалентен обороту "необходимо, чтобы было так, что". Возможна перефразировка (3-35):

(3-39) *Необходимо, чтобы было так, что Петя посещает занятия.*

Можно предложить следующее понимание семантических условий для модальных предложений. Обозначим через \square оператор необходимой истинности (высказываний). $\square p$ читается: "это необходимо истинно, что p ". Пусть \square^{ev} есть оператор необходимости событий. $\square^{ev} p$ читается: "это необходимо, что p ". Через \square^{ac} будем обозначать оператор необходимости действий. $\square^{ac} p$ читается: "необходимо, чтобы p ". Семантика для введенных модальных операторов представляет собой разновидность семантики модально-временной логики. Оператор необходимости высказываний допускает трактовку в смысле S5, как и у Монтегю. Высказывание необходимо истинно, если его истинность не зависит от времени, то есть истинного всегда. Сказанное можно проиллюстрировать на диаграмме:

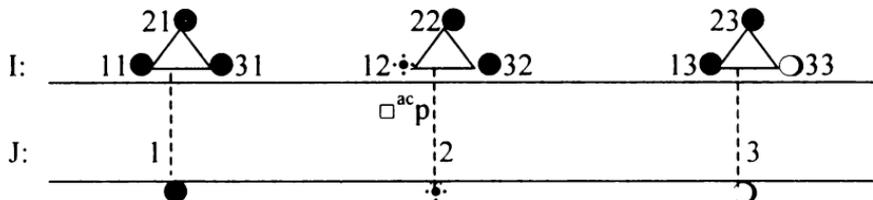


$\square p$ истинно в 12 е.т.е. p истинно во всех $\langle i, j \rangle$, где $i \in I, j \in J$. Для оператора необходимости событий естественно предположить, что данное событие в настоящем времени необходимо, если оно имеет место во всех возможных мирах данного момента времени. Предполагается, что все альтернативные пути развития истории с неизбежностью ведут к наступлению события. Данное предположение уточняется на следующей диаграмме:



$\square^{ev} p$ истинно в 12 е.т.е. p истинно во всех i в j_2 , то есть в 12, 22 23.

Необходимость совершения действия определяется относительно будущего времени. Для оператора $\square^{ac} p$ диаграмма выглядит следующим образом:



$\square^{ac} p$ истинно в 12 е.т.е. p истинно в некотором $i \in I$ в момент $j > 2$. В данном случае p истинно в 33. Совершение поступка желательно в будущем, но он не обязательно совершается, отсюда p истинно только в возможном, но не в актуальном будущем. Возможен более тонкий анализ [Смирнов 1989].

III. Грамматика модально-эпистемического фрагмента русского языка

1. Множество основных выражений

Обозначим через L_{RME} модально-эпистемический язык (фрагмент русского). Множество базисных выражений V_A категории A зададим с помощью таблицы 3. Обратим внимание на то, что таблица содержит все основные выражения, которые *имеют категории*. Ряд важнейших в логическом отношении выражений будут заданы синкатегорематически в синтаксических правилах. Это касается *кванторных слов*: **любой, любая, любые, какой-то, какая-то, какие-то, данный, данная, данные**; логических союзов: **и, или**; и *эпистемических фраз*: **полагает-что, знает-что, возможно-он₀-полагает-что, как-полагает-он₀**.

(3–40)

Таблица 3

<i>Имя категории</i>	<i>Определение</i>	<i>Грамматический эквивалент</i>	<i>Основные выражения</i>
e		нет	нет
t		предложения	нет
IV	t/e	глагольные фразы и непереходные глаголы (IV – “Intransitive Verb Phrase”)	танцевать петь разговаривать повышаться
T	t/IV	существительные фразы и собственные имена (T: “Term phrase”)	Максим Борис Дарья он₀, он₁, .. она₀, она₁ ... они₀, они₁ . .
TV	IV/T	переходные глаголы (TV: “Transitive Verb”)	находить любить
CN	t/e	нарицательные существительные (CN: “Common Noun”)	эльф температура рыба
t/t		модальные определители предложения (Sentence Adverb)	это-необходимо-что необходимо-истинно-что необходимо-чтобы
IV//IV		глаголы, образующие инфинитивы	научиться учиться

Предлагаемый рассмотрению фрагмент содержит модальные и эпистемические фразы, семантика которых будет выяснена после построения интенционального языка логики. Для того, чтобы не отягощать изложение, были сделаны некоторые упрощения. Например, фрагмент не содержит существительных среднего ро-

да; существительных, которые берутся исключительно во множественном числе ("ножницы"). Отсутствует пунктуация, при этом части комплексов выражений *одной категории* отделяются чертой (**это-необходимо-что**).

2. Синтаксические правила

Основные правила.

S0. $V_A \subseteq P_A$ для каждой категории А.

Правила термообразования.

S1. Если $\zeta \in P_{CN}$, то $F_{1,n}(\zeta) \in P_T$, где

$F_{1,1}(\zeta)$ = **любой** ζ ;

$F_{1,2}(\zeta)$ = **любая** ζ ;

$F_{1,3}(\zeta)$ = **любые** ζ ;

$F_{1,4}(\zeta)$ = **какой-то** ζ ;

$F_{1,5}(\zeta)$ = **какая-то** ζ ;

$F_{1,6}(\zeta)$ = **какие-то** ζ ;

$F_{1,7}(\zeta)$ = **данный** ζ ;

$F_{1,8}(\zeta)$ = **данная** ζ ;

Правила функционального приложения.

Субъектно-предикатные правила.

S2. Если $\alpha \in P_{IV}$ и $\delta \in P_{IV}$, то $F_{2,n}(\alpha, \delta) \in P_t$, где

$F_{2,1}(\alpha, \delta) = \alpha\delta'$ и δ' есть результат замены первого глагола или глаголов, соединенных **и/или**, (члена V_{IV} , V_{TV} , $V_{IV//IV}$) в δ на его 3 лицо единственного числа настоящего времени, если α – единственного числа;

$F_{2,2}(\alpha, \delta) = \alpha\delta'$ и δ' есть результат замены первого глагола или глаголов, соединенных **и/или**, (члена V_{IV} , V_{TV} , $V_{IV//IV}$) в δ на его 3 лицо множественного числа настоящего времени, если α – множественного числа;

$F_{2,3}(\alpha, \delta) = \alpha\delta'$ и δ' есть результат замены первого глагола (члена $V_{IV//IV}$) в δ на его 3 лицо единственного числа будущего времени, если α – единственного числа, а первый глагол в δ – совершенного вида;

$F_{2,4}(\alpha, \delta) = \alpha\delta'$ и δ' есть результат замены первого глагола (члена $V_{IV//IV}$) в δ на его 3 лицо множественного числа будущего времени, если α – множественного числа, а первый глагол в δ – совершенного вида.

Правила преобразования переходных глаголов.

S3. Если $\delta \in P_{IV/T}$ и $\beta \in P_T$, то $F_{3,n}(\delta, \beta) \in P_{IV}$, где
 $F_{3,1}(\delta, \beta) = \delta\beta'$, если β не имеет формы **он_n**, **она_n**, **они_n** и β' есть результат замены существительной фразы на ее форму в винительном падеже;

$F_{3,2}(\delta, \text{он}_n) = \delta\text{его}_n$, $F_{3,3}(\delta, \text{она}_n) = \delta\text{ее}_n$, $F_{3,4}(\delta, \text{они}_n) = \delta\text{их}_n$.

Правило для инфинитивов.

S4. Если $\delta \in P_{IV/IV}$ и $\beta \in P_{IV}$, то $F_7(\delta, \beta) \in P_{IV}$, где $F_7(\delta, \beta) = \delta\beta$.

Правила для модальных преобразователей.

S5. Если $\delta \in P_{t/}$ и $\beta \in P_t$, то $F_{5,n}(\delta, \beta) \in P_t$, где

$F_{5,1}(\delta, \beta) = \delta\beta$, если δ имеет вид **необходимо-истинно-что**,

$F_{5,2}(\delta, \beta) = \delta\beta$, если δ имеет вид **это-необходимо-что**,

$F_{5,3}(\delta, \beta) = \delta\beta'$ и β' есть результат замены первого глагола в β на его форму в прошедшем времени, если δ имеет вид **необходимо-чтобы**.

Правила для эпистемических преобразователей.

S6. Если $\alpha \in B_T$ и α есть константа, $\phi \in P_t$, то $F_{6,n}(\alpha, \phi) \in P_t$, где

$F_{6,1}(\alpha, \phi) = \alpha$ **полагает-что** ϕ ;

$F_{6,2}(\alpha, \phi) = \alpha$ **знает-что** ϕ ;

$F_{6,3}(\alpha, \phi) = \alpha$ **возможно-полагает-что** ϕ ;

$F_{6,4}(\alpha, \phi) = \alpha$ **как-известно-от** α' ϕ , где α' есть результат замены существительного на его форму в родительном падеже.

Правила для конъюнкции.

S7. Если $\phi, \psi \in P_t$, то $F_{7,1}(\phi, \psi) \in P_t$, где $F_{7,1}(\phi, \psi) = \phi$ **и** ψ .

Если $\gamma, \delta \in P_{IV}$, то $F_{7,2}(\gamma, \delta) \in P_{IV}$, где $F_{7,2}(\gamma, \delta) = \gamma$ **и** δ .

Правила для дизъюнкции.

S8. Если $\phi, \psi \in P_t$, то $F_{8,1}(\phi, \psi) \in P_t$, где $F_{8,1}(\phi, \psi) = \phi$ **или** ψ .

Если $\gamma, \delta \in P_{IV}$, то $F_{8,2}(\gamma, \delta) \in P_{IV}$, где $F_{8,2}(\gamma, \delta) = \gamma$ **или** δ .

Правила для отрицания.

S9. Если $\alpha \in P_T$ и $\delta \in P_{IV}$, то $F_{9,n}(\alpha, \delta) \in P_t$, где

$F_{9,1}(\alpha, \delta) = \alpha\delta'$ и δ' есть результат замены первого глагола в δ на его отрицательную форму единственного числа 3 лица;

$F_{9,2}(\alpha, \delta) = \alpha\delta'$ и δ' есть результат замены первого глагола в δ на его отрицательную форму множественного числа 3 лица.

Правила квантификации.

S10. Если $\alpha \in P_T$ и $\phi \in P_t$, то $F_{10,n}(\alpha, \phi) \in P_t$, где или

(i) α не имеет формы **он_k**, и $F_{10,n}(\alpha, \phi)$ получится из ϕ заменой первого вхождения **он_k** или **его_k** на α и все другие

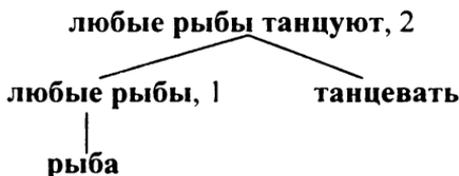
вхождения $он_k$ или $его_k$ на $\left\{ \begin{array}{l} он \\ она \\ они \end{array} \right\}$ или $\left\{ \begin{array}{l} его \\ ее \\ их \end{array} \right\}$, соответственно,

- (ii) согласно роду первого V_{CN} или V_T в α , или $\alpha = он_k$, и $F_{10}(\alpha, \phi)$ получается из ϕ заменой всех вхождений $он_n$ или $его_n$ на $он_k$ или $его_k$, соответственно.

3 Примеры применения синтаксических правил

Приведем некоторые примеры употребления правил S1–S10.

(3-41)



(3-42)



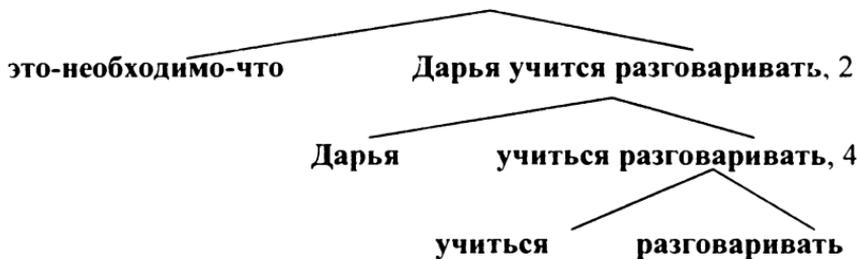
(3-43)



В (3-43) встречается глагол совершенного вида **научиться**, который в настоящем времени не употребляется, отсюда в синтаксическом правиле S2 берется функция $F_{2,3}$. По правилу S5, данный глагол меняется на его форму в прошедшем времени, как того требует грамматическая структура, начинающаяся с оборота **необходимо-чтобы**.

(3-44)

Это-необходимо-что Дарья учится разговаривать, 5



В (3-44) глагол несовершенного вида **учиться** берется в настоящем времени, согласно функции $F_{2,1}$.

(3-45)

Дарья полагает-что какая-то русалка любит Максима, 6



Оборот **полагает-что** в (3-45) употребляется синкатегорематически, сочлняя существительное **Дарья** с предложением **какая-то русалка любит Максима**. Предложение **как-известно от русалок любые рыбы танцуют** нельзя построить по правилу S_6 , поскольку эпистемические преобразователи как функции прилагаются только к константам, членам множества основных выражений (B_T).

Предложение **Максим полагает-что данный эльф поет и разговаривает** допускает два прочтения – *de dicto* и *de re*. Интересно, что двум прочтениям способствует употребление квантификатора **данный**. В этом случае решение такое же, как и в PTQ для интенциональных глаголов типа *seek*. Каждому прочтению при переводе будут соответствовать различные типы квантификации. в одном случае **данный** относится к индивиду, о котором нечто сообщает Максим, а в другом случае употребление **данный**

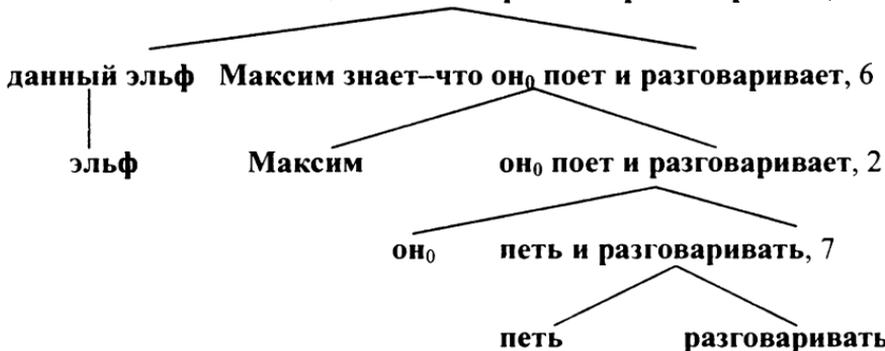
предполагает существование индивида в актуальном мире. Указанным прочтениям соответствуют два аналитических дерева:

(3–46)

Максим полагает-что данный эльф поет и разговаривает, 6



Максим полагает-что данный эльф поет и разговаривает, 10



Обратим внимание на то, что по правилам S7 и S8 союзы **и** или **или** соединяют только предложения и непереходные глагольные фразы, но не применяют к термам. Например, фразу **Максим и Борис** нельзя образовать в данном фрагменте. Сказанное упрощение делается в целях избежания затруднений при построении семантики для эпистемических фраз. В предложении **Максим и Борис полагают-что температура повышается** семантически придется иметь дело с *перекрестным полаганием* или *разделяемым (общим) мнением* Максима и Бориса. В дальнейшем можно усовершенствовать семантику, но пока усложнений делать не будем.

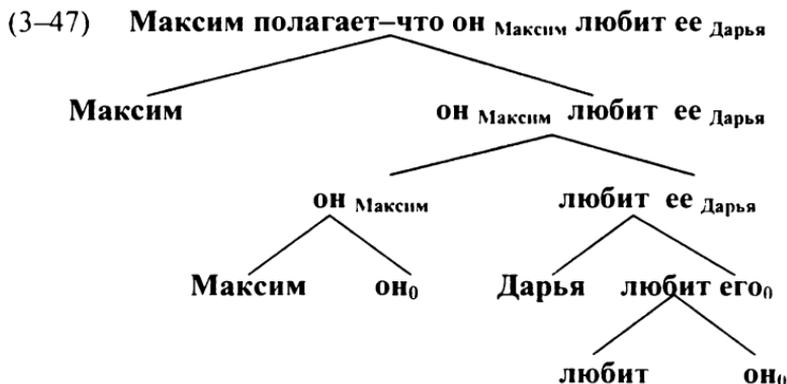
В рассматриваемом модально-эпистемическом фрагменте делаются разного рода ограничения. Не рассматриваются *гнездовые полагания* типа **Максим знает-что Борис знает-что Дарья знает-что**. Заметим, что, если ввести в список основных выражений имена неодушевленных существительных, например, **де-**

вяносто, то пришлось бы делать ограничения в синтаксических правилах, ограничивая область употребления эпистемических оборотов одушевленными терминами. В противном случае встала бы проблема с бессмысленными фразами типа **девьяносто полагает-что**. Заметим, что в РТQ подобного разграничения не проводится. Отсюда фраза **The temperature believes that it is ninety** рассматривается как правильно построенная.

Обратим внимание на то, что под термом понимается действующий объект (одушевленный или неодушевленный). Терм сингулярный, если объект единичный как во фразе **Максим поет**. **Какие-то эльфы** также есть терм, но уже не представляет единичный объект: **какие-то эльфы поют**.

В целях простоты фрагмент не содержит прямого использования предложений в будущем и прошедшем времени. Указанные времена употребляются только в тех случаях, когда того требуют грамматические конструкции типа совершенных глаголов и оборота **необходимо-чтобы**.

Проблема контекстов с анафорой не рассматривается. Фраза **Максим полагает-что он любит ее** не будет предложением (высказыванием), а рассматривается как высказывательная форма, в которой **он** и **ее** фигурируют как переменные. Можно включить в анализ и такие фразы, например, сделав синтаксис *явным*, путем преобразования переменных в индексированные местоимения. Например, можно допустить следующее порождающее дерево:



IV. Интенциональная логика $IL_{ME-TYPE}$

Построим специальный интенциональный язык $IL_{ME-TYPE}$, который будет содержать особые модальные и эпистемические операторы. Запись $IL_{ME-TYPE}$ расшифровывается следующим образом: TYPE, как и прежде, указывает на то, что данный язык теоретико-типовой, буква M есть сокращение от modal (модальный), а E – сокращение от epistemic (эпистемический). При построении $IL_{ME-TYPE}$ делаются дальнейшие шаги по структуризации значения языкового выражения. Кроме понятий экстенционала и интенционала, будут введены понятия k-экстенционала и k-интенционала, где k – указывает на k-познавателя.

1 Синтаксис $IL_{MI, TYPE}$

Основные понятия определим, следуя стратегии PTQ, но с учетом нововведений. Множество типов TYPE есть наименьшее множество такое, что

(3–48)

1. $t \in TYPE$.
2. $e \in TYPE$.
3. Если $a, b \in TYPE$, то $\langle a, b \rangle \in TYPE$.
4. Если $a \in TYPE$, то $\langle s, a \rangle \in TYPE$.
5. Если $a \in TYPE$, то $\langle s_k, a \rangle \in TYPE$, где $k \in K$.

S есть индекс выделенных смыслов или интенционалов (план наблюдателя), s_k – есть индекс эпистемических смыслов (план k-познавателя).

A. Основные выражения $IL_{MI, TYPE}$

1. Для любого типа a Con_a есть счетно бесконечное множество (нелогических) констант.
2. Для любого типа a Var_a есть счетно бесконечное множество переменных.

B. Синтаксические правила образования $IL_{MI, TYPE}$

Множество осмысленных выражений типа a , обозначаемое через ME_a , рекурсивно определяется:

1. Каждая переменная типа a $v_{n,a} \in ME_a$, для любого натурального числа n .
2. Каждая константа типа a $c_{n,a} \in ME_a$, для любого натурального числа n .

3. Если $\alpha \in ME_a$, и u есть переменная типа b , то $\lambda u \alpha \in ME_{\langle b, a \rangle}$.
4. Если $\alpha \in ME_{\langle a, b \rangle}$ и $\beta \in ME_a$, то $\alpha(\beta) \in ME_b$.
5. Если $\alpha, \beta \in ME_a$, то $\alpha = \beta \in ME_t$.
6. Если $\phi \in ME_t$ и $\psi \in ME_t$, то $\neg\phi, [\phi \wedge \psi], [\phi \vee \psi], [\phi \rightarrow \psi], [\phi \leftrightarrow \psi] \in ME_t$.
7. Если $\phi \in ME_t$ и u есть переменная (любого типа), то $\forall u \phi \in ME_t$.
8. Если $\phi \in ME_t$ и u есть переменная (любого типа), то $\exists u \phi \in ME_t$.
9. Если $\phi \in ME_t$, то $F\phi \in ME_t$.
10. Если $\phi \in ME_t$, то $P\phi \in ME_t$.
- 11.-13. Если $\phi \in ME_t$, то $\Box\phi, \Box^{ev}\phi, \Box^{ac}\phi \in ME_t$.
- 14.-17. Если $\phi \in ME_t$, то $B_k\phi, \Diamond B_k\phi, K_k\phi, AS_k\phi \in ME_t$.
18. Если $\alpha \in ME_a$, то $\hat{\alpha} \in ME_{\langle s, a \rangle}$.
19. Если $\alpha \in ME_{\langle s, a \rangle}$, то $\check{\alpha} \in ME_a$.
20. Если $\alpha \in ME_a$, то $^k\alpha \in ME_{\langle sk, a \rangle}$.
21. Если $\alpha \in ME_{\langle sk, a \rangle}$, то $^{-k}\alpha \in ME_a$.

Индекс k служит указателем плана k -познавателя. Каждое выражение α имеет четыре типа значений, задаваемых явно синтаксически. $\hat{\alpha}$ есть интенционал α соотнесенный с наблюдателем, $\check{\alpha}$ есть экстенционал α , соотнесенный с наблюдателем, $^k\alpha$ обозначает интенционал, соотнесенный в k -познавателем, а $^{-k}\alpha$ обозначает экстенционал, соотнесенный с k -познавателем.

Определим множество возможных значений типа $a - D_a$ (a, b – любые типы). Пусть A, I, J, U – непустые множества, где A – множество сущностей, I – множество возможных миров, J – множество моментов времени, U – семейство множеств $U_k \{U = U_k: k \in K\}$. Возможные миры I можно понимать как историю аспекта наблюдателя без коммуникации с познавателями. Каждое U_k рассматривается как история аспекта k -познавателя. Пусть $W = I \cup U$. Тогда W можно рассматривать как глобальную историю наблюдателя при коммуникации с познавателями.

Определим $D_{a,A,I,J,U}$ – множество возможных значений типа a , соответствующих A, I, J, U . Пусть X, Y – есть множества всех функций в область определения Y и значениями из X :

(3–49)

1. $D_{e,A,I,J,U} = A$.
2. $D_{t,A,I,J,U} = \{0, 1\}$.
3. Для любых типов a и b , $D_{\langle a, b \rangle, A, I, J, U} = D_{b, A, I, J, U}^{D_{a, A, I, J, U}}$.
4. Для любого типа a $D_{\langle s, a \rangle, A, I, J, U} = D_{a, A, I, J, U}^{I \times J}$.

5. Для любого типа a $D_{\langle sk, a \rangle, A, I, J, U} = D_{a, A, I, J, U}^{U_k \times I \times J}$,
 где $U_k \subseteq U$, $k \in K$.

2. Семантика $IL_{ME-TYPE}$

A Модель для $IL_{ME-TYPE}$ есть упорядоченная шестерка $M = \langle A, I, J, U, <, F \rangle$, такая что A, I, J, U – непустые множества, $<$ – линейный порядок на J , F – есть функция с областью определения на множестве всех констант $IL_{ME-TYPE}$:

(3–50)

$$F(a) \in D_{a, A, I, J, U}^{I \times J} \cup D_{a, A, I, J, U}^{U_k \times I \times J}.$$

Приписывание переменным g есть функция, заданная на множестве всех переменных и выдающая по каждой переменной типа a член множества $D_{a, A, I, J, U}$. Таким образом, каждой константе языка функция F приписывает *интенционал*, k -*интенционал*), а каждой переменной функция g приписывает *экстенционал* (k -*экстенционал*). Если α есть осмысленное выражение, то под $\alpha^{M, g}$ понимается интенционал α относительно M и g . $\alpha^{M, I, J, g}$ есть интенционал α . Под $\alpha^{M, k, g}$ понимается k -интенционал α , а $\alpha^{M, k, I, J, g}$ есть k -экстенционал α .

B Семантические правила $IL_{ME-TYPE}$

Введем условные обозначения. Пусть w обозначает пару $\langle i, j \rangle$ или тройку $\langle k, i, j \rangle$. Тогда M, w, g , есть либо M, i, j, g , либо M, k, i, j, g . Следующие правила рекурсивно определяют *экстенционалы любого выражения типа a относительно модели M , точек $i \in I$, $k \in U_k$, момента времени $j \in J$ и приписывания переменным g , который будем обозначать $|\alpha|^{M, w, g}$* :

(3–51)

- 1 Если α есть константа, то $|\alpha|^{M, I, J, g} = [F(\alpha)](\langle i, j \rangle)$ (другими словами, экстенционал α в $\langle i, j \rangle$ есть результат подстановки интенционала α , который задается F , к аргументу $\langle i, j \rangle$).
- 2 Если α есть константа, то $|\alpha|^{M, I, J, g} = [F(\alpha)](\langle i, j \rangle)$ (другими словами, экстенционал α в $\langle i, j \rangle$ есть результат подстановки интенционала α , который задается F , к аргументу $\langle i, j \rangle$).

3. Если α есть константа, то $|\alpha|^{M,k,i,j,g} = [F(\alpha)](\langle k, i, j \rangle)$ (другими словами, k -экстенционал α в $\langle k, i, j \rangle$ есть результат подстановки интенционала α , который задается F , к аргументу $\langle k, i, j \rangle$).
4. Если α есть переменная, то $|\alpha|^{M,w,g} = g(\alpha)$.
5. Если $\alpha \in ME_a$ и $u \in Var_b$, то $\lambda u[\alpha]^{M,w,g}$ есть функция h из D_b в D_a такая, что для всех объектов k в D_b , $h(k) = |\alpha|^{M,w,g}$, где g' есть такая же как g , за исключением того, что $g'(u)$ есть объект k .
6. Если $\alpha \in ME_{\langle a,b \rangle}$ и $\beta \in ME_a$, то $|\alpha(\beta)|^{M,w,g} = |\alpha|^{M,w,g}(|\beta|^{M,w,g})$.
7. Если $\alpha \in ME_a$ и $\beta \in ME_a$, то $|\alpha = \beta|^{M,w,g} = 1$ е.т.е. $|\alpha|^{M,w,g}$ есть тот же самый объект, что и $|\beta|^{M,w,g}$.
8. Если $\varphi \in ME_t$, то $|\neg\varphi|^{M,w,g} = 1$ е.т.е. $|\varphi|^{M,w,g} = 0$, в противном случае $|\neg\varphi|^{M,w,g} = 0$.
- 9.-12. Если $\varphi \in ME_t$ и $\psi \in ME_t$, то $|\varphi \wedge \psi|^{M,w,g} = 1$ е.т.е. $|\varphi|^{M,w,g}$ и $|\psi|^{M,w,g}$ обе равны 1. Определение для оставшихся логических связок $|\varphi \vee \psi|^{M,w,g}$, $|\varphi \rightarrow \psi|^{M,w,g}$, $|\varphi \leftrightarrow \psi|^{M,w,g}$ дается аналогичным образом.
13. Если $\varphi \in ME_t$ и $u \in Var_a$, то $|\forall u\varphi|^{M,w,g} = 1$ е.т.е. $|\varphi|^{M,w,g} = 1$ для всех g' таких как g за исключением приписывания u .
14. Если $\varphi \in ME_t$ и $u \in Var_a$, то $|\exists u\varphi|^{M,w,g} = 1$ е.т.е. $|\varphi|^{M,w,g} = 1$ для некоторого g' такого как g за исключением приписывания u .
15. Если $\varphi \in ME_t$, то $|\Box\varphi|^{M,i,j,g} = 1$ е.т.е. $|\varphi|^{M,i',j',g} = 1$ для всех $\langle i', j' \rangle \in I \times J$.
16. Если $\varphi \in ME_t$, то $|\Box^{ev}\varphi|^{M,i,j,g} = 1$ е.т.е. для всех i' таких, что $\langle i', j' \rangle \in I \times J$, $|\varphi|^{M,i',j',g} = 1$.
17. Если $\varphi \in ME_t$, то $|\Box^{ac}\varphi|^{M,i,j,g} = 1$ е.т.е. найдется i' в момент j' , где $\langle i', j' \rangle \in I \times J$ и $j < j'$, такие что, $|\varphi|^{M,i',j',g} = 1$.
18. Если $\varphi \in ME_t$, то $|\mathbf{F}\varphi|^{M,i,j,g} = 1$ е.т.е. $|\varphi|^{M,i',j',g} = 1$ для некоторого j' в J такого, что $j < j'$.
19. Если $\varphi \in ME_t$, то $|\mathbf{P}\varphi|^{M,i,j,g} = 1$ е.т.е. $|\varphi|^{M,i',j',g} = 1$ для некоторого j' в J такого, что $j' < j$.
20. Если $\varphi \in ME_t$, то $|\mathbf{B}_k\varphi|^{M,i,j,g} = 1$ е.т.е. $|\varphi|^{M,i,j,g} = 1$.
21. Если $\varphi \in ME_t$, то $|\mathbf{K}_k\varphi|^{M,i,j,g} = 1$ е.т.е. $|\varphi|^{M,i,j,g} = |\varphi|^{M,k,i,j,g} = 1$.

22. Если $\varphi \in ME_i$, то $|\Diamond B_k \varphi|^{M,i,j,g} = 1$ е.т.е. найдется i' такой, что $|\varphi|^{M,k,i',j,g} = 1$.
23. Если $\varphi \in ME_i$, то $|\Box S_k \varphi|^{M,i,j,g} = 1$ е.т.е. найдется i' такой, что $|\varphi|^{M,i',j,g} = |\varphi|^{M,k,i',j,g} = 1$.
24. Если $\alpha \in ME_a$, то $|\hat{\alpha}|^{M,i,j,g}$ есть такая функция h с областью $I \times J$, что для всех $\langle i', j' \rangle$ в $I \times J$, $h(\langle i', j' \rangle)$ есть $|\varphi|^{M,i',j',g}$.
25. Если $\alpha \in ME_{\langle s,a \rangle}$, то $|\neg \alpha|^{M,i,j,g}$ есть $|\alpha|^{M,i,j,g}(\langle i, j \rangle)$ (то есть результат приложения функции $|\alpha|^{M,i,j,g}$ к аргументу $\langle i, j \rangle$).
26. Если $\alpha \in ME_a$, то $|\neg^k \alpha|^{M,k,i,j,g}$ есть такая функция h с областью $U_k \times I \times J$, что для всех $\langle k', i', j' \rangle$ в $U_k \times I \times J$, $h(\langle k', i', j' \rangle)$ есть $|\varphi|^{M,k',i',j',g}$.
27. Если $\alpha \in ME_{\langle s_k,a \rangle}$, то $|\neg^k \alpha|^{M,k,i,j,g}$ есть $|\alpha|^{M,k,i,j,g}(\langle k, i, j \rangle)$ (то есть результат приложения функции $|\alpha|^{M,k,i,j,g}$ к аргументу $\langle k, i, j \rangle$).

Понятие истины относительно модели и точки соотнесения. Если φ – формула (то есть $\varphi \in ME_i$), то φ истинна относительно M и $\langle i, j \rangle$ е.т.е. $|\varphi|^{M,i,j,g} = 1$ для любого приписывания g .

Точка соотнесения, связанная с наблюдателем, то есть $\langle i, j \rangle$ в данной модели рассматривается как основная. Относительно нее определяются модальные, временные и эпистемические понятия, а также понятие истины в модели.

3. Перевод фрагмента русского языка L_{RME} в интенциональную логику $ILME-TYPE$

Пусть f есть функция, отображающая категории фрагмента русского языка L_{RME} в типы логического языка $L_{ME-TYPE}$. f имеет в качестве области определения множество CAT и определяется следующим образом:

1. $f(e) = e$.
2. $f(t) = t$.
3. $f(CN) = f(IV) = \langle e, t \rangle$.
4. Для всех категорий A и B
 $f(A/B) = f(A//B) = \langle \langle s^*, f(B) \rangle, f(A) \rangle$,
 где s^* есть либо s , либо s_k и $k \in K$.

Пусть g есть функция интерпретации констант такая, что

(1) область g есть множество основных выражений фрагмента L_{RME} , кроме B_T (Максим, Борис, Дарья) и B_{Vt} (это–необходимо–что, необходимо–истинно–что, необходимо–чтобы).

(2) Если $A \in CAT$, $\alpha \in B_A$ и α в области g , то $g(\alpha) \in Con_{(A)}$

Пусть m, b, d – члены Con_e , отличные друг от друга;

x, y, z – индивидные переменные типа $\langle e \rangle$;

u, v – переменные по индивидным концептам типа $\langle s, e \rangle$;

p – переменная по предложениям типа $\langle t \rangle$;

q – переменная, область значения которой – пропозиции, то есть тип $q - \langle s^*, t \rangle$ (где s^* есть s или s_k);

r – переменная, область значений которой выделенные пропозиции типа $\langle s, t \rangle$;

l – переменная, область значений которой эпистемические пропозиции, l имеет тип $\langle s_k, t \rangle$;

M – переменная $v_{0\langle e, t \rangle}$ по множествам индивидов;

R – переменная $v_{0\langle e, \langle e, t \rangle \rangle}$ по отношениям между индивидами;

Q, L – переменные $v_{0\langle s^*, \langle e, t \rangle \rangle}$, $v_{1\langle s^*, \langle e, t \rangle \rangle}$ по свойствам выделенных и/или эпистемических множеств индивидов;

S – переменная $v_{0\langle s_k, \langle e, t \rangle \rangle}$ по свойствам эпистемических k -множеств индивидов;

P_0, P_1 – переменные $v_{0\langle s, \langle e, t \rangle \rangle}$, $v_{1\langle s, \langle e, t \rangle \rangle}$ по свойствам выделенных множеств индивидов;

σ – переменная $v_{0\langle s^*, \langle s^*, \langle e, t \rangle \rangle \rangle}$ по свойствам свойств выделенных и/или эпистемических множеств индивидов.

Правила перевода.

T1. (a) Если α в области g , то α переводится в $g(\alpha)$.

(b) Максим, Борис, Дарья переводятся в m^*, b^*, d^* , соответственно. Если $\alpha \in ME_e$, то

α^* есть $\lambda P[P(\hat{\alpha})]$.

(c) **он** _{n} переводится в $\lambda P[P(\hat{x}_n)]$.

она _{n} переводится в $\lambda P[P(\hat{y}_n)]$.

они _{n} переводится в $\lambda P[P(\hat{z}_n)]$.

(d) Если $\zeta \in P_{CN}$ и ζ переводится в ζ' , то **любой** ζ переводится в $\lambda P \forall x [\zeta'(x) \rightarrow P(x)]$, аналогично для **любая** ζ , **любые** ζ . Формально, F_{11} , F_{12} , F_{13} переводятся в $\lambda P \forall x [\zeta'(x) \rightarrow P(x)]$;

какой-то ζ переводится в $\lambda P\exists x[\zeta'(x)\wedge P(x)]$, аналогично для **какая-то** ζ , **какие-то** ζ . Формально, F1,4, F1,5, F1,6 переводятся в $\lambda P\exists x[\zeta'(x)\wedge P(x)]$;

данный ζ переводится в $\lambda P\exists y[\forall x[\zeta'(x) \leftrightarrow x=y] \wedge P(x)]$, аналогично для **данная** ζ . Формально, F1,7, F1,8 переводятся в $\lambda P\exists y[\forall x[\zeta'(x) \leftrightarrow x=y] \wedge P(x)]$.

T2. Если $\delta \in P_{T/IV}$, $\beta \in P_{IV}$ и δ, β переводятся в δ', β' , соответственно, то $F_{2,n}(\delta, \beta)$ переводится в $\delta'(\beta')$.

T3. Если $\delta \in P_{IV/T}$, $\beta \in P_T$ и δ, β переводятся в δ', β' , соответственно, то $F_{3,n}(\delta, \beta)$ переводится в $\delta'(\beta')$.

T4. Если $\delta \in P_{IV/IV}$, $\beta \in P_{IV}$ и δ, β переводятся в δ', β' , соответственно, то $F_{4,n}(\delta, \beta)$ переводится в $\delta'(\beta')$.

T5. **необходимо-истинно-что** переводится в $\lambda r[\Box^* r]$;

это-необходимо-что переводится в $\lambda r[\Box^{cv} r]$;

необходимо-чтобы переводится в $\lambda r[\Box^{acv} r]$.

Если $\phi \in P_t$, ϕ' есть перевод ϕ , то $F_{5,1}(\phi)$ переводится в $\lambda r[\Box^* r](\phi')$; $F_{5,2}(\phi)$ переводится в $\lambda r[\Box^{cv} r](\phi')$. Если $\phi \in P_t$, ϕ' есть перевод ϕ , ϕ'' получается заменой глагола в прошедшем времени в ϕ' на его форму в настоящем времени для глаголов несовершенного вида, то $F_{5,3}(\phi)$ переводится в $\lambda r[\Box^{acv} r](\phi'')$.

T6. Если $\alpha \in BT$, α есть константа, α' есть перевод α , то

α **полагает-что** переводится в $\lambda l\{B_{\alpha}l\}$;

α **знает-что** переводится в $\lambda q\{K_{\alpha}q\}$;

α **возможно-полагает-что** переводится в $\lambda l\{\Diamond B_{\alpha}l\}$;

как-известно-от α переводится в $\lambda q[AS_{\alpha}q]$.

Если $\alpha \in BT$, α есть константа, α' есть перевод α , $\phi \in P_t$, ϕ' есть перевод ϕ , то $F_{6,1}(\phi)$ переводится в $\lambda l\{B_{\alpha}l\}(\phi')$; $F_{6,2}(\phi)$ переводится в $\lambda q[K_{\alpha}q](\phi')$; $F_{6,3}(\phi)$ переводится в $\lambda l\{\Diamond B_{\alpha}l\}(\phi')$; $F_{6,4}(\phi)$ переводится в $\lambda q[AS_{\alpha}q](\phi')$.

T7. Если $\phi, \psi \in P_t$; ϕ, ψ переводятся в ϕ', ψ' , то ϕ и ψ переводится в $\phi \wedge \psi$. Если $\gamma, \delta \in P_{IV}$, γ, δ переводятся в γ', δ' , то γ и δ переводится в $\lambda x[\gamma'(x) \wedge \delta'(x)]$.

T8. Если $\phi, \psi \in P_t$; ϕ, ψ переводятся в ϕ', ψ' , то ϕ или ψ переводится в $\phi \vee \psi$. Если $\gamma, \delta \in P_{IV}$, γ, δ переводятся в γ', δ' , то γ или δ переводится в $\lambda x[\gamma'(x) \vee \delta'(x)]$.

T9. Если $\alpha' \in P_T$ и $\delta \in P_{IV}$. α, δ переводится в α', δ' , соответственно, то $F_{9,n}(\alpha, \delta)$ переводится в $-\alpha'(\delta')$.

Т10. А) Если $\alpha \in P_T$, $\phi \in P_I$, α , ϕ переводятся в α' , ϕ' , соответственно, то $F_{10,n}(\alpha, \phi)$ переводится в $\alpha'(\lambda x_n \phi')$.

В) Если $\alpha \in P_T$, $\zeta \in P_{CN}$, α , ζ переводятся в α' , ζ' , соответственно, то $F_{10,n}(\alpha, \zeta)$ переводится в $\lambda y \alpha'(\lambda x_n [\zeta'(y)])$.

С) Если $\alpha \in P_T$, $\delta \in P_{IV}$, α , δ переводятся в α' , δ' , соответственно, то $F_{10,n}(\alpha, \delta)$ переводится в $\lambda y \alpha'(\lambda x_n [\delta'(y)])$.

4. Примеры переводов

Построим последовательный перевод предложения "Любая рыба любит Бориса".

1. рыба \Rightarrow рыба'
2. любит \Rightarrow любит'
3. Борис \Rightarrow b
4. любая рыба $\Rightarrow \lambda P[\forall x[\text{рыба}'(x) \rightarrow P\{x\}]]$
5. он_n любит Бориса \Rightarrow любит'(b)(x_n) \Rightarrow любит'(x_n, b)
6. $\lambda x P[\forall x[\text{рыба}'(x) \rightarrow P\{x\}]] (\hat{\ } \lambda x_n [\text{любит}'(b)(x_n)])$
7. $\forall x[\text{рыба}' \rightarrow \hat{\ }[\lambda x_n [\text{любит}'(x_n, b)]\{x\}]$
8. $\forall x[\text{рыба}' \rightarrow \check{\ }[\lambda x_n [\text{любит}'(x_n, b)](x)]$
9. $\forall x[\text{рыба}' \rightarrow [\lambda x_n [\text{любит}'(x_n, b)](x)]$
10. $\forall x[\text{рыба}' \rightarrow \text{любит}'(x, b)]$

Поскольку при переводе был принят следующий постулат значения – выражения категории CN и IV понимаются как множества индивидов, то есть переводятся в тип $\langle e, t \rangle$, в экстенциональном контексте данного примера выражения **рыба**, **Борис**, **любит** занимают экстенциональную позицию.

Предложение **Это–необходимо–что– Дарья учится разговаривать** переводится следующим образом.

1. $\lambda r[\square^{ev} r] (\hat{\ }[\text{учится}'(d, \lambda x \text{ разговаривать}'(x))])$
2. $\square^{ev} \check{\ }[\text{учится}'(d, \lambda x \text{ разговаривать}'(x))]$
3. $\square^{ev} [\text{учится}'(d, \lambda x \text{ разговаривать}'(x))]$
4. $\square^{ev} [W[\text{научится}'(d, \lambda x \text{ разговаривать}'(x))]]$

учиться'(λx **разговаривать'**(x)) можно прочесть как: "множество x таких, что x присуще такой признак как разговаривать".

Глава 4

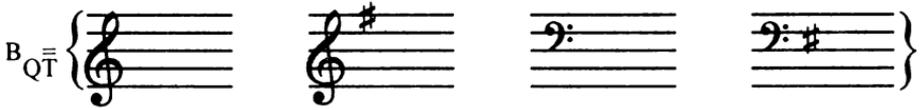
Семантика музыкальной нотации

Язык музыкального нотного письма, называемый нотацией, рассматривается как семиотическая система, состоящая из синтаксиса, или системы правил, порождающих одни знаковые выражения из других, и семантики, или системы правил, определяющих значения знаковых конструкций. Следует подчеркнуть, что семантические представления музыкального языка многоаспектны. Будем различать три уровня семантики нотации, соответствующие трем уровням музыки – физическому, интеллектуальному и эмоциональному. Центральным для данной работы является вопрос о семантическом смысле музыкального события. Исходя из физических основ музыки, музыкальный язык конструируется как формальная грамматическая система в стиле грамматик Монтегю. Разрабатывается двууровневый язык интенциональной логики, включающий в свой состав события и высказывания о событиях (язык IL^{\oplus}). Строится многомерная семантика интенционального языка и определяется операция перевода категорий музыкальной нотации в выражения интенциональной логики соответствующего типа. В результате единичное музыкальное событие (аналог индивида в логической терминологии) определяется через множество своих свойств. В интенциональном варианте ему соответствует тип выражения, характеризующий свойства индивидов.

1. Грамматика музыкальной нотации

1. Категории музыкальной нотации *NL*

Мы воспользуемся стратегией Монтегю в PTQ, но применительно к языку музыкальной нотации. В связи с этим будут рассмотрены иные категории выражений и будет построен модифицированный язык интенциональной логики. Формальный анализ нотации основан на представлениях, соответствующих *физическому уровню музыки*. Обозначим через *NL* язык музыкальной нотации (notational language).



$$V_S = \{ \triangleright, f \}$$

Под основным выражением в настоящем фрагменте понимается элемент из объединения

$$\bigcup_{A \in \text{CAT}} V_A.$$

Множество выражений категории A.

Кроме множества основных выражений категории A, Монтегю в PTQ рассматривает множество произвольных выражений данной категории. Следуя предложенной им стратегии, введем множества знаковых (нотных) композиций для произвольной категории A.

P_A есть индекс множества знаковых композиций категории A;

P_D есть индекс множества композиций, обозначающих длительность;

P_{QT} есть индекс множества композиций, обозначающих квалификаторы настройки.

2 Синтаксические правила NL

Определения S0–S7

S0: $V_A \subseteq P_A$ для любой категории A.

S1: Если $\alpha, \beta \in P_N$, то $F_1(\alpha, \beta), F_2(\alpha, \beta) \in P_N$.

$$F_1(\alpha, \beta) = \underline{\alpha\beta},$$

где $\underline{\alpha\beta}$ есть результат комбинации α и β такой, что β следует сразу за α (по горизонтали).

$$F_2(\alpha, \beta) = \alpha | \beta,$$

где $\alpha | \beta$ есть результат комбинации α и β такой, что все знаки в β занимают место по одной вертикали со знаками $>$ в α .

S2: Если $\alpha \in P_{QT}$ и $\beta \in P_N$, то $F_3(\alpha, \beta) \in P_N^*$.

$$P_N \subseteq P_N^* \text{ и } F_3(\alpha, \beta) = \underline{\alpha\beta},$$

где $\underline{\alpha\beta}$ означает, что β следует сразу за α .

S3: Если $\alpha \in P_N^*$ и $\beta \in P_D$, то $F_4(\alpha, \beta) \in P_t$.

$$F_4(\alpha, \beta) = \alpha > \beta,$$

где $\alpha > \beta$ есть результат замены всех вхождений $>$ в α на головку β .

S4: Если $\alpha \in P_S$, $\beta \in P_D$, то $F_5(\alpha, \beta) \in P_Q$.

$$F_5(\alpha, \beta) = \beta/\alpha,$$

где β/α означает, что α занимает место сразу ниже β .

S5: Если $\beta \in P_Q$ и $\beta \notin P_S$, $\alpha \in P_N^*$, то $F_6(\alpha, \beta) \alpha \in P_t$.

$$F_6(\alpha, \beta) = \alpha > \beta,$$

где $\alpha > \beta$ есть результат замены всех вхождений $>$ в α на головку β .

S6: Если $\alpha \in P_N^*$, $\phi \in P_t$, $\beta \in P_S$, и α и β входят в ϕ ,

$$F_7(\phi) = \alpha \downarrow \phi,$$

где $\alpha \downarrow \phi$ есть результат замены переменных, входящих в ϕ , на знак $>$.

S7: Если $\alpha, \beta \in P_t$, то $F_8(\alpha, \beta), F_9(\alpha, \beta) \in P_t$.

$$F_8(\alpha, \beta) = \alpha || \beta,$$

где $\alpha || \beta$ означает, что β' следует сразу за α , α и β' начинаются с γ , и β' есть β без вхождения γ -элемента;
 $||\beta$ следует сразу за α , где α начинается с $\gamma \in P_Q$, β начинается с $\delta \in P_Q$ и $\gamma \neq \delta$.

$$F_9(\alpha, \beta) = \alpha \{ | \beta,$$

где $\alpha \{ | \beta$ означает, что β занимает место сразу под α .

Примечания к синтаксическим правилам.

Синтаксические правила дают определение множества P_A для любой категории A . Множество P_A знаковых композиций (или сочленений) определяет понятие *правильно построенного нотного сочленения*. Согласно правилу **S0**, любая знаковая композиция из базового множества категории A является в то же время правильно построенной знаковой композицией множества P_A .

Синтаксическое правило **S1** позволяет конструировать составные комплексы нот. Категория нот N , таким образом, понимается в расширенном смысле. Она обозначает не только отдельно стоящие знаки (не только "один знак"), но и комплексы

знаков в их вертикальном и горизонтальном сочленениях. К такой расширенной интерпретации мы прибегаем на основании следующих рассуждений.

С естественнонаучной точки зрения известно, что простых звуков в природе нет. Отдельно стоящий знак – "одна нота" указывает на одно звуковое событие только с точки зрения психофизиологии человеческого восприятия. Человеческое ухо в звучащем комплексе различает, как правило, лишь основной тон, не дифференцируя дополнительные составляющие звукового комплекса – обертоны.

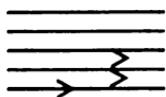
В музыкальном восприятии обертоны придают окраску основному звучанию – специфический тембр звука. Отсюда отдельно стоящая нота звучит как отдельный звук для слушателя, но с точки зрения физической акустики "один звук" представляет собой сложное звуковое образование. От *тембрового* восприятия звука в музыкальной психологии отличают *гармоническое* восприятие звукового комплекса. Одновременное аккордовое звучание нескольких нот, передаваемое вертикальным сочленением знаков в нотации, воспринимается и как нечто единое, имеющее специфическую эмоциональную выразительность, и в то же время "опытное ухо" улавливает и различает входящие в аккорд звуки. Гармоническое восприятие, если так можно сказать, суть восприятие единого в множественности, а тембровое восприятие – восприятие множественности как единого, как органичной целостности. Отсюда можно допустить, что и отдельная нота, и нотные сочленения могут указывать на отдельное звуковое событие. Можно сказать, что категория N в языке нотации NL указывает на *индивидуальное звуковое событие*, которое не является элементарным, ни с точки зрения физики, ни с точки зрения психофизики.

Функция F_1 определяет горизонтальное сочленение звуковых событий.

Например, пусть α и β есть соответственно:



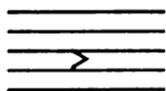
Применение F_1 к α и β строит нотный комплекс $\frac{\alpha\beta}{\rightarrow}$, который также принадлежит категории P_N :



При помощи функции F_2 можно конструировать гармонические сочетания звуков или аккорды.

$$F_2 \left(\begin{array}{c} \text{Staff 1} \\ \text{Staff 2} \end{array}, \begin{array}{c} \text{Staff 3} \\ \text{Staff 4} \end{array} \right) = \begin{array}{c} \text{Staff 5} \\ \text{Staff 6} \end{array}$$

Синтаксическое правило **S2** позволяет уточнять высоту звуков в нотных комплексах. Допустим, у нас имеется знак категории P_N , скажем



Данное обозначение указывает на ноту определенной высоты, но не сказано, какой именно высоты. Выбрав ключ, т.е. знак категории P_{QT} , получаем нотный комплекс (категория P_N^*) с точным указанием высоты:

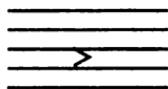
$$F_3 \left(\begin{array}{c} \text{Staff with treble clef and sharp} \\ \text{Staff 2} \end{array}, \begin{array}{c} \text{Staff 3} \\ \text{Staff 4} \end{array} \right) = \begin{array}{c} \text{Staff with treble clef and sharp} \\ \text{Staff 5} \end{array}$$

Запись



указывает на ноту высоты 440 Гц при равномерно темперированном строе, другими словами, на ноту ля первой октавы.

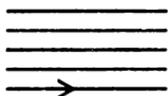
Категория N^* есть расширение категории N . Если знак



интерпретируется как "нота с высотой, но без указания какой именно высоты", то



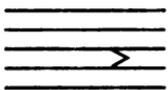
интерпретируется как "нота высоты ля первой октавы".



можно сравнить с употреблением неопределенного артикля "a" в английском языке. "A cat" есть терм и указывает на единственную кошку, но не сказано на какую именно.



можно понимать как аналог употребления определенного артикля "the". "The cat" указывает на единственную, именно "эту" кошку. Отсюда, и знаковое сочленение



и знаковое сочленение



можно рассматривать как *потные комплексы* (знаки категории P_N^*), которые являются аналогами индивидуальных термов в естественном языке, но по-разному указывают на объект ("a cat", "the cat").

Поскольку функция F_3 образует знаковые комплексы категории N^* из категории N , следующие сочетания не являются правильно построенными:



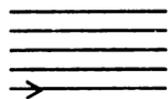
Правило **S3** позволяет образовывать комплексы категории t , т.е. элементарные высказывания о звуковых событиях.



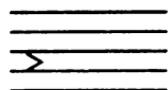
Последнее можно прочесть как "нота фа диез имеет длительность четверть".



Читается как "ноты



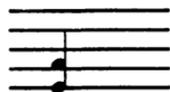
и



имеют длительность половинку"

$$F_4 \left(\left(\begin{array}{c} \text{-----} \\ \text{-----} \\ \text{-----} \\ \text{-----} \\ \text{-----} \end{array} \right) , \text{♩} \right) = \begin{array}{c} \text{-----} \\ \text{-----} \\ \text{-----} \\ \text{-----} \\ \text{-----} \end{array}$$

Читается как "нотный комплекс (аккорд)"



имеет длительность четверть".

Категория квалификаторов разбивается на две подкатегории: категорию длительности и категорию характеристик звучания.

Формально, $P_S \subseteq P_Q$, $P_D \subseteq P_Q$.

P_Q также принадлежат и конъюнкции свойств звуковых событий, формально, $P_S \cap P_D \subseteq P_Q$.

Синтаксическое правило **S4** позволяет получать сложные свойства звуковых событий.

$$F_5 (f, \text{♩}) = \text{♩}$$

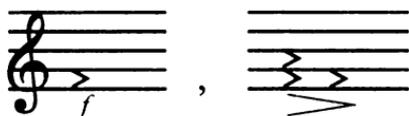
читается как "звучать громко и иметь длительность четверть" или "звучать громко в течение четверти".

Правило **S5** образует описание нотных комплексов из квалификаторов и нот:

$$F_6 \left(\left(\begin{array}{c} \text{-----} \\ \text{-----} \\ \text{-----} \\ \text{-----} \\ \text{-----} \end{array} \right) , \text{♩} \right) = \begin{array}{c} \text{-----} \\ \text{-----} \\ \text{-----} \\ \text{-----} \\ \text{-----} \end{array}$$

$$F_6 \left(\left(\begin{array}{c} \text{-----} \\ \text{-----} \\ \text{-----} \\ \text{-----} \\ \text{-----} \end{array} \right) , \text{♩} \right) = \begin{array}{c} \text{-----} \\ \text{-----} \\ \text{-----} \\ \text{-----} \\ \text{-----} \end{array}$$

Согласно **S5**, нельзя конструировать описания нотных комплексов из категории **S** и N^* . Следующие нотные сочленения не являются правильно построенными описаниями (формулами)



Синтаксическое правило S6 позволяет из описаний нотных комплексов образовывать нотные комплексы. Функция F7 представляет операцию, обратную F4 и F5, которые образуют описания нотных комплексов из нотных комплексов.

$$F_7 \left(\begin{array}{c} \text{Musical staff 1} \\ \text{Musical staff 2} \end{array} \right) = \text{Musical staff 3}$$

Результат применения F7 читается "нота фа первой октавы такая, что она звучит громко".

Другой пример.

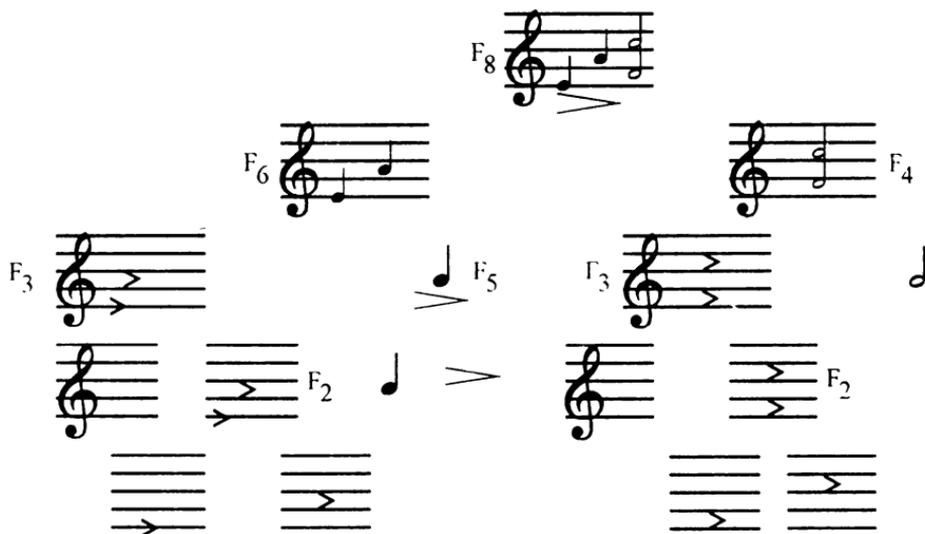
$$F_7 \left(\begin{array}{c} \text{Musical staff 1} \\ \text{Musical staff 2} \end{array} \right) = \text{Musical staff 3}$$

Читается: "ноты фа диез и ля первой октавы такие, что они имеют уменьшающуюся интенсивность".

Правило S7 соединяет описания нотных комплексов в сложные объединения. Функция F8 соединяет два описания на одном нотном стане.

$$F_8 \left(\begin{array}{c} \text{Musical staff 1} \\ \text{Musical staff 2} \end{array} \right) = \text{Musical staff 3}$$

Аналитическое дерево



II. Интенциональная логика

1. Синтаксические построения

Интенциональное множество типов

Пусть e, t и s – фиксированные объекты, отличные друг от друга. TYPE , или множество *типов*, есть наименьшее множество Y , такое что

- (1) $e, t \in Y$;
- (2) если когда-либо $a, b \in Y$, $\langle a, b \rangle \in Y$;
- (3) если когда-либо $a \in Y$, $\langle s, a \rangle \in Y$.

Нам понадобится счетное множество переменных и бесконечное множество констант каждого типа. В частности, если n – некоторое натуральное число и $a \in \text{TYPE}$, то под $v_{n,a}$ будем понимать n -ую переменную типа a и под CON_a – множество констант типа a .

Множество осмысленных выражений типа a

Определим множество *осмысленных выражений типа a* , то есть ME_a , следующим образом:

- (1) каждая переменная и константа типа a принадлежит ME_a ;

- (2) если $\alpha, \beta \in ME_e$, то $(\alpha \otimes \beta), (\alpha \oplus \beta) \in ME_e$;
 (3) если $\alpha \in ME_{\langle a, b \rangle}$ и $\beta \in ME_a$, то $\alpha(\beta) \in ME_b$;
 (4) если $\alpha \in ME_a$ и u есть переменная типа b , то $\lambda u \alpha \in ME_{\langle b, a \rangle}$;
 (5) если $\varphi, \psi \in ME_t$, и u – переменная, то $[\varphi \& \psi], \exists u \varphi \in ME_t$;
 (6) если $\alpha \in ME_a$, то $[\overset{in}{\alpha}] \in ME_{\langle s, a \rangle}$;
 (7) если $\alpha \in ME_{\langle s, a \rangle}$, то $[\overset{tr}{\alpha}] \in ME_a$;
 (8) ни что иное, кроме указанного в пунктах (1)–(7), не принадлежит ME_a .

Язык интенциональной логики IL^{\oplus} отличается от рассматриваемого в РТQ интенционального языка IL . Во-первых, для того, чтобы представить в логическом языке фрагмент языка музыкальной нотации, нам не потребуются все многообразие средств IL РТQ. Мы взяли лишь те конструкции, которые непосредственно необходимы для перевода фрагмента музыкальной нотации.

Во-вторых, в отличие от IL в РТQ, вводятся специальные операции над осмысленными выражениями типа e , то есть операции над событиями. Операции \otimes и \oplus представляют собой аналоги конъюнктивного сочленения индивидуальных термов, $\alpha \otimes \beta$ можно прочесть как α и β в вертикальном сочленении (или: α находится на одной вертикальной линии с β), а $\alpha \oplus \beta$ читается как α и β в горизонтальном сочленении (или: β следует за α по горизонтали).

2 Семантика IL^{\oplus}

Множество возможных значений. Перейдем к построению семантики языка IL^{\oplus} . Пусть W есть непустое множество возможных миров, A – есть множество индивидов. Следующее определение вводит множество возможных значений выражений типа a . Обозначим его через D_a . Любое множество D_a задается относительно множеств A и W .

(4-1)

$$\begin{aligned} D_{e, A, W} &= 2^A; \\ D_{t, A, W} &= \{0, 1\}; \\ D_{a, A, W} &= D_{b, A, W} \end{aligned}$$

$$D_{\langle s, a \rangle, A, W} = D_{b, A, W}^W$$

В отличие от РТQ выражения для индивидов интерпретируются не на элементах множества A , а на подмножествах. Данное обстоятельство диктуется трактовкой звуковых событий, соглас-

но которой любая последовательность элементарных звуковых событий есть звуковое событие.

Согласно (4-1), если D_a и D_b – множества возможных денотатов, то и $D_{\langle a,b \rangle}$ также является множеством возможных денотатов, состоящим из функций, отображающих множество D_a в множество D_b . Например, множество $D_{\langle e,t \rangle}$ состоит из функций, отображающих индивиды (элементы множества 2^A или подмножества A) в множество истинностных значений T (или $\{0,1\}$).

Множество $D_{\langle s,t \rangle}$ есть множество функций из множества миров W в множество возможных значений выражений типа a , т.е. D_a . Например, $D_{\langle s,t \rangle}$ есть множество функций из W в множество T . Соответственно, множество $D_{\langle \langle e,t \rangle, t \rangle}$ есть множество функций, отображающих характеристические функции из множества $D_{\langle e,t \rangle}$ в T .

Интерпретация.

Под *интерпретацией* будем понимать следующую упорядоченную пятерку $\langle A, R_{\otimes}, R_{\oplus}, W, F \rangle$, такую, что

(4-2)

(1) A, W есть непустые множества индивидов и возможных миров, соответственно,

(2) R_{\otimes} и R_{\oplus} есть бинарные отношения, заданные на A . R_{\otimes} есть отношение порядка, а R_{\oplus} – отношение равенства;

(3) F есть функция, имеющая в качестве области определения множество всех констант, и такая, что

(а) если $\alpha \in \text{CON}_e$, то $F(\alpha) \in A^W$.

Расширим функцию F до функции, приписывающей значения индивидным термам.

(б) Если α, β есть индивидные термы (выражения типа $\langle e \rangle$), то

$F(\alpha), F(\beta) \in (2^A)^W$;

$F(\alpha \otimes \beta) = \langle F(\alpha), F(\beta) \rangle$ и для любых членов s_{i1}, s_{i2} последовательности $\langle F(\alpha), F(\beta) \rangle$ верно, что $s_{i1} R_{\otimes} s_{i2}$;

$F(\alpha \oplus \beta) = \langle F(\alpha), F(\beta) \rangle$ и для любых членов s_{i1}, s_{i2} последовательности $\langle F(\alpha), F(\beta) \rangle$ верно, что $s_{i1} R_{\oplus} s_{i2}$;

(с) если $\alpha \in \text{CON}_e$ и $\alpha \notin \text{CON}_e$, то

$F(\alpha) \in D_{b,A,W}^W$.

Согласно (4-2), индивидным константам приписываются элементы множества A , т.е. элементарные звуковые события. Ин-

дивидным термам, т.е. выражениям типа $\langle e \rangle$, приписываются последовательности звуковых событий, другими словами, элементы множества 2^A . Пусть c, d являются подмножествами A . $cR_{\otimes}d$ можно прочесть как "звуковое событие c следует за звуковым событием d по времени вступления; $cR_{\oplus}d$ читается как "звуковое событие c совпадает по времени вступления со звуковым событием d " или "звуковое событие c звучит одновременно со звуковым событием d ".

Функция F приписывает звуковому событию $(\alpha \otimes \beta)$ последовательность звуковых событий, следующих друг за другом по времени звучания. Функция F приписывает звуковому событию $(\alpha \oplus \beta)$ созвучие звуковых событий, т.е. некоторое множество звуковых событий, звучащих одновременно. Для любых других констант, не принадлежащих типу $\langle e \rangle$, функция F определяется обычным образом.

Взаимоопределение экстенционала и интенционала.

Предположим, что \mathfrak{R} есть интерпретация, имеющая форму $\langle A, R_{\otimes}, R_{\oplus}, W, F \rangle$. Допустим, что g есть \mathfrak{R} -приписывание значений переменным, т.е. функция, имеющая в качестве области определения множество всех переменных, и такая, что

$$(4-3) \quad g(u) \in D_a,$$

где u есть переменная типа a . Заметим, что, следуя Монтегю в PTQ, интерпретация переменных дается экстенциональным способом.

Если α – осмысленное выражение, то под $|\alpha|_{g,W}$ будем понимать интенционал α относительно g и W . Под $|\alpha|_{g,W}$ будем понимать экстенционал α относительно \mathfrak{R} , g и W .

Следующие утверждения взаимноопределяют экстенционал и интенционал:

$$(4-4) \quad \begin{aligned} (i) \quad & |\alpha|_{g,W} = |in_{\alpha}|_{g,w}; \\ (ii) \quad & |\alpha|_{g,w'} = |in_{\alpha}|_{g,w'(w')}. \end{aligned}$$

Выражение " $|\alpha|_{g,W}$ есть интенционал α " означает то же, что и "экстенционал in_{α} относительно g и любого w "; (ii) означает, что экстенционал α в возможном мире w' есть значение $|in_{\alpha}|_{g,w}$, когда функция экстенционала применяется к w' .

Определение (4-5).

(a) Если α имеет тип $\langle s,a \rangle$, то ex_{α} имеет типа $\langle a \rangle$.

(b) Если α имеет тип $\langle s,a \rangle$, то $|ex_{\alpha}|_{g,w'} = |\alpha|_{g,w(w')}$.

Понятие истины.

Определим понятие истинной формулы относительно \mathfrak{R} , g и W .

(1) Если α – константа или индивидуальный терм, то

$$|\alpha|_{g,w} = [F(\alpha)](w);$$

(2) если α – переменная, то $|\alpha|_{g,w} = g(\alpha)$;

(3) если $\alpha \in ME_a$ и u – переменная типа b , то $\lambda u[\alpha]_{g,w}$ есть та самая функция h с областью D_b такая, что для любого объекта x в данной области $h(x) = [\alpha]_{g',w}$, где g' есть приписывание значений, аналогичное g , кроме возможного случая, когда

$g'(u)$ есть объект x ;

(4) если $\alpha \in ME_{\langle a,b \rangle}$ и $\beta \in ME_a$, тогда

$$[\alpha(\beta)]_{g,w} \text{ есть } [\alpha]_{g,w} ([\beta]_{g,w}),$$

т. е. результат приложения функции $[\alpha]_{g,w}$ к аргументу $[\beta]_{g,w}$;

(5) если φ и ψ есть ME_t , то $|\varphi \& \psi|_{g,w} = 1$ е.т.е.

$$|\varphi|_{g,w} = |\psi|_{g,w} = 1;$$

(6) если $\varphi \in ME_t$ и u – переменная типа α , тогда

$|\exists u[\varphi]|_{g,w} = 1$ е.т.е. существует $x \in D_a$ такой, что $|\varphi|_{g',w} = 1$,

где g' – функция такая же, как и в пункте (3);

(7) если $\alpha \in ME_a$, то $|in\alpha|_{g,w}$ есть та функция h с областью W , что для всех w' в W

$$h(w') \text{ есть } |\alpha|_{g,w'};$$

(8) если $\alpha \in ME_{\langle s,a \rangle}$, тогда $|ex\alpha|_{g,w(w)}$.

Если φ есть формула, т.е. член множества ME_t , то φ *истинна относительно* \mathfrak{R} , w е.т.е. $j_{\mathfrak{R},w,g}^{\varphi} = 1$ для каждого \mathfrak{R} -приписывания g .

Интенциональное сочленение формул.

Монтегю в РТQ различает два типа сочленения формул. Экстенциональный тип сочленения $\alpha(\beta)$ и интенциональный тип сочленения $\alpha\{\beta\}$. Если $\alpha \in ME_{\langle a,t \rangle}$, $\beta \in ME_a$, то формула $\alpha(\beta)$ рассматривается как утверждение о том, что объект, обозначаемый β , есть член множества, обозначаемого α (или характеристической функцией данного множества). Если $\alpha \in ME_{\langle s, \langle a,t \rangle \rangle}$, $\alpha, \beta \in ME_a$, то

$$\alpha\{\beta\} \text{ есть выражение } [ex\alpha](\beta),$$

что означает, что β обладает (интенциональным) свойством, обозначаемым α .

В качестве примера комбинации экстенциональных и интенциональных сочленений. рассмотрим выражения с λ -оператором.

Пусть выражение $\lambda V[V(m)]$ имеет тип $\langle\langle e, t \rangle, t \rangle$. Выражение $\lambda x[S(x)]$ имеет тип $\langle e, t \rangle$. Следующее выражение можно образовать, согласно пункту 3 определения ME_a:

3-8 $\lambda V[V(m)] (\lambda x[S(x)])$.

3-8 имеет тип $\langle t \rangle$. Согласно определению λ -конверсии справедливо следующее преобразование:

$$\lambda V[V(m)] (\lambda x[S(x)]) = \lambda x[S(x)] (m).$$

В интенциональном варианте имеет место $\text{in} \lambda x[S(x)]$. Данное выражение имеет тип $\langle s, \langle e, t \rangle \rangle$ и прочтение "свойство быть x таким, что x поет".

Если P -предикатная переменная типа $\langle s, \langle e, t \rangle \rangle$, то семантическим значением выражения

$$\lambda P[P\{m\}]$$

относительно g, w будет функция, отображающая свойства, которыми Мэри обладает в мире w в 1. Данная функция имеет тип $\langle\langle s, \langle e, t \rangle \rangle, t \rangle$.

Предикатное сочленение из $\lambda P[P\{m\}]$ и $\text{in} \lambda x[S(x)]$ можно получить следующим образом:

$$\lambda P[P\{m\}] (\text{in} \lambda x[S(x)]).$$

Последнее утверждает, что свойство быть x таким, что x поет, есть одно из свойств Мэри. Данное утверждение истинно, е.т.е. Мэри действительно обладает указанным свойством в w . Вышеуказанное утверждение можно преобразовать в

$$\text{in} \lambda x[S(x)]\{m\} \quad (\lambda\text{-конверсия})$$

читается как "Мэри имеет свойство быть x таким, что x танцует".

Некоторые исследователи, в частности Куркела [13, p.91], вводят в рассмотрение определения конверсии скобок и exin -элиминации:

Определение (4-б).

$$\text{in} \beta\{\alpha\} \rightarrow \text{exin} \beta(\alpha) \quad \text{конверсия скобок}$$

$$\text{exin} \beta(\alpha) \rightarrow \beta(\alpha) \quad \text{exin-элиминация}$$

Согласно введенным определениям можно провести дальнейшие упрощения в рассматриваемом примере:

$$\text{exin} \lambda x[S(x)](m) \quad \text{конверсия скобок}$$

$$\rightarrow \lambda x[S(x)](m) \quad \text{exin-элиминация}$$

$$\rightarrow S(m) \quad \lambda\text{-конверсия.}$$

III. Перевод языка NL в IL[⊕]

1. Специальные средства IL[⊕]

Мы будем использовать следующие средства языка IL[⊕]:

(1) константы типа $\langle e \rangle$, представляющие индивиды:

$G, A, c, e, e^1, fl, fis^1, a^1, c^2$;

(2) переменные типа $\langle e \rangle$ по индивидам: x_n есть $v_{n,e}$ для каждого натурального числа n

x_1 есть x ,

x_2 есть y ,

x_3 есть z ,

x_4 есть x' и т.д.

(3) индивидные термы типа $\langle e \rangle$: q_1 есть $t_{n,e}$ для каждого натурального числа n

q_1 есть q ,

q_2 есть r ,

q_3 есть q' ,

q_4 есть r' и т.д.

(4) константы типа $\langle e, t \rangle$:

$T, W, H, C, D, F, Tr, B, Bfis$;

(5) переменные типа $\langle e, t \rangle$: S_n есть $v_{n, \langle e, t \rangle}$ для каждого натурального числа n ;

(6) термы типа $\langle s, \langle e, t \rangle \rangle$: V, V', V'' и т.д.

(7) переменные типа $\langle s, \langle e, t \rangle \rangle$ по свойствам индивидов: P_n есть $v_{n, \langle s, \langle e, t \rangle \rangle}$ для каждого натурального числа n

P_1 есть P ,

P_2 есть Q ,

P_3 есть R ,

P_4 есть P' .

G, A обозначают ноты соль и ля большой октавы, c, e обозначают ноты до и ми малой октавы, e^1, fl, fis^1, a^1 обозначают ми, фа, фа диэз и ля первой октавы, соответственно, c^2 есть до второй октавы.

Предикаты, указанные в пункте (3) можно перевести следующим образом:

T – "быть тоном" или "быть звуковым событием определенной высоты" (tone);

W – "иметь целую длительность" (whole);

H – "иметь половину целой длительности" (half);

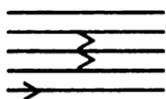
C – "иметь четверть целой длительности" (crotchet);

D – "иметь уменьшающуюся интенсивность" (*diminuendo*);
F – "иметь громкую мощную звучания" (*forte*);
Tr – "звучать при скрипичной настройке" или "звучать при настройке в скрипичном ключе" (*tremble clef*);
B – "звучать при басовой настройке" или "звучать при настройке в басовом ключе" (*bass clef*);
Tr^{fis} – "звучать при настройке в скрипичном ключе с фа диэзом";
B^{fis} – "звучать при настройке в басовом ключе с фа диэзом".

2. Перевод

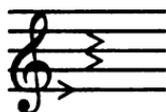
Абсолютная и относительная высота звука.

Запись типа



без указания ключа-квалификатора настройки означает тот факт, что во внимание принимается относительная высота нот, т.е. высота нот, соотнесенная с некоторой фиксированной высотой, именуемой камертоном. Данный принцип позволяет, например, использовать настройку "по чистым интервалам", настройки различных эпох и культурных традиций и т.д.

Запись



конкретизирует настройку, указывая на тональность До мажор или ля минор темперированного строя. Для уточнения настройки введем функцию P_1 , которая по заданной высоте фиксированной ноты выдает требуемую высоту другой ноты:

4-1 $P_1: A \rightarrow N.$

P_1 определена на множестве A или множестве звуковых событий; N есть множество натуральных чисел. Как обычно, высота измеряется в герцах. Применительно к высоте рассматриваются *абсолютная* и *относительная* высота звука. Абсолютная высота измеряется числом колебаний в амплитуде. В музыке огромное вы-

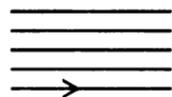
разительное значение имеет относительная высота звука, сравниваемая с другими высотами.

В принципе, с помощью функции P_1 можно задать как абсолютную высоту, так и относительную. Например, рассмотрим ситуацию, в которой нота c (до) малой октавы является фиксированной нотой. Пусть ее высота равна l . Тогда, если следовать теории "чистых интервалов", $P_1(c^2) = 2l$.

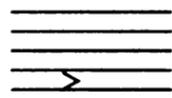
Правила перевода

T0.

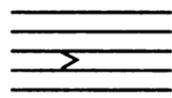
(a) переводится в



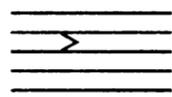
$$in_{\lambda P} \exists x [N(x) \ \& \ P\{x\}]$$



$$in_{\lambda P} \exists y [N(y) \ \& \ P\{y\}]$$



$$in_{\lambda P} \exists z [N(z) \ \& \ P\{z\}]$$



$$in_{\lambda P} \exists x' [N(x') \ \& \ P\{x'\}]$$

b)

\circ переводится в $in_{\lambda x} [W(x)]$

\flat переводится в $in_{\lambda y} [H(y)]$

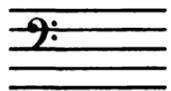
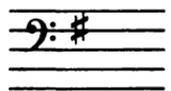
\natural переводится в $in_{\lambda z} [C(z)]$

\downarrow_n переводится в $in_{\lambda x'} [Sn(x')]$

c)
 \sharp переводится в $in_{\lambda x} [D(x)]$

f переводится в $in_{\lambda y} [F(y)]$

d)

переводится в $in\lambda_x [Tr(x)]$ переводится в $in\lambda_y [Tr^{fis}(y)]$ переводится в $in\lambda_z [B(z)]$ переводится в $in\lambda_{x'} [B^{fis}(x')]$

Пусть f есть функция перевода категорий языка нотации NL в интенциональный язык IL^{\oplus} . Нетрудно заметить, что выражения основных категорий переводятся в выражения следующих типов IL^{\oplus} :

$$f(N) = \langle s, \langle \langle s, \langle e, t \rangle \rangle, t \rangle \rangle$$

$$f(D) = \langle s, \langle e, t \rangle \rangle$$

$$f(S) = \langle s, \langle e, t \rangle \rangle$$

$$f(QT) = \langle s, \langle e, t \rangle \rangle$$

$$f(t) = t$$

Для производных категорий имеем:

$$f(Q) = \langle s, \langle e, t \rangle \rangle$$

$$f(N^*) = \langle s, \langle \langle s, \langle e, t \rangle \rangle, t \rangle \rangle$$

T1.

Если $\alpha, \beta \in P_N$ и α и β соотносятся с r, q , соответственно, то

$$F_1(\alpha, \beta) \text{ переводится в } in\lambda P \exists r \exists q [N(r \otimes q) \ \& \ P\{r \otimes q\}];$$

$$F_2(\alpha, \beta) \text{ переводится в } in\lambda P \exists r \exists q [N(r \oplus q) \ \& \ P\{r \oplus q\}].$$

T2.

Если $\alpha \in P_{QT}$ и $\beta \in P_N$, β соотносится с индивидуальным термом q , α соотносится с предикатной константой A , то

$$F_3(\alpha, \beta) \text{ переводится в } in\lambda P \exists q [N(q) \ \& \ A(q) \ \& \ P\{q\}].$$

T3.

Если $\alpha \in P_{N^*}$, $\beta \in P_D$, то

если α не имеет вид $\underline{\gamma\delta}$ и α' , β' есть перевод α и β , соответственно, то

$F_4(\alpha, \beta)$ переводится в $ex\alpha'(\beta')$;

если α имеет вид $\underline{\gamma\delta}$, γ' , δ' есть перевод γ, δ и γ, δ соотносятся с индивидуальными термами q и r , соответственно, то $F_4(\underline{\gamma\delta}, \beta)$ переводится в

$ex\gamma'(\beta') \& ex\delta'(\beta') \& in\lambda P [P \{r \otimes q\}]$.

T4.

Если $\alpha \in P_S$, $\beta \in P_D$, α, β соотносятся с предикатными термами A, A' , соответственно, то

$F_5(\alpha, \beta)$ переводится в $in\lambda x [V(x) \& V'(x)]$.

T5.

Если $\beta \in P_Q$ и $\beta \notin P_S$, $\alpha \in P_{N^*}$ и α', β' есть перевод α и β , соответственно, то

$F_6(\alpha, \beta)$ переводится в $ex\alpha'(\beta')$.

T6.

Если $\alpha \in P_{N^*}$, $\varphi \in P_t$, α входит в φ , $\beta \in P_S$ и β входит в φ , то, если, q есть индивидуальный терм, соотношенный с α , V есть предикатный терм, соотношенный с β , то

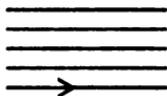
$F_7(\varphi)$ переводится в $in\lambda P [V(q) \& P\{q\}]$.

T7. Если $\alpha, \beta \in P_t$ α', β' есть перевод α и β , соответственно, то

$F_8(\alpha, \beta)$ переводится в $(\alpha' \& \beta')$.

3. Примечания к переводу

Примечания к T0



переводится в $in\lambda P \exists x [N(x) \& P\{x\}]$. Последнее есть выражение категории $\langle s, \langle \langle s, \langle e, t \rangle \rangle, t \rangle$, т.е. свойство свойств звуковых событий, имеющих высоту $P(x)$. Экстенционал данного выражения в

каждом мире есть множество свойств звукового события, имеющего высоту

$P(x)$:

$$\lambda P \exists x [N(x) \& P\{x\}].$$

Последнее можно прочесть как "в данном мире найдется по крайней мере одно звуковое событие, имеющее высоту $P(x)$ и имеющее свойство быть таким, что P ". Является характеристической функцией, отображающей свойства звукового события, имеющего высоту $P(x)$ в 1.



$$in_{\lambda z} [C(z)]$$

есть выражение категории $\langle s, \langle e, t \rangle \rangle$. Можно перевести как "свойство звукового события быть z таким, что z имеет четвертную длительность".



$$in_{\lambda x'} [Sn(x')]$$

"свойство звукового события быть z таким, что z имеет длительность Sn ".



$$in_{\lambda x} [D(x)]$$

"свойство звукового события быть z таким что z имеет уменьшающуюся длительность".



$$in_{\lambda y} [Trfis(y)]$$

"свойство звукового события y быть y таким, что y звучит при настройке в скрипичном ключе с фа диезом".

Примечания к T1–T7

Согласно правилу T1, нотные комплексы, т.е. горизонтальные ($\underline{\alpha\beta}$) и вертикальные ($\alpha | \beta$) сочленения нот, переводятся в свойства свойств сложных звуковых событий. Следуя общей стратегии понимания звуковых событий, выражение ($\underline{\alpha\beta}$) языка нотации переводится в выражение интенционального языка, которое является свойством свойств звукового события $r \otimes q$, т.е. звукового события такого, что в нем звуковое событие q следует за звуковым событием r



Согласно T2, переводом $F3(\alpha, \beta)$ будет следующее выражение $II\oplus$:

$$in\lambda P\exists y[N(y) \& Trfis(y) \& P\{y\}]$$

Последнее можно прочесть как "найдется звуковое событие y такое, что y имеет определенную высоту и звучит при скрипичной настройке и свойство быть P есть одно из свойств y ". Настройка или указание ключа конкретизирует высоту тона. При условии конкретизации настройки звуковое событие приобретает определенность. Например,



указывает на единичное звуковое событие, а именно на ноту фа диэз первой октавы. Отсюда вполне правомерен иной вариант перевода:

$$in\lambda P[N(fis^I) \& Trfis(fis^I) \& P\{fis^I\}]$$

Последнее также можно сократить до $in\lambda P[P\{fis^I\}]$, что можно прочесть как "свойство быть P таким, что P есть свойство звукового события fis первой октавы". Для обозначения свойства свойства в индивидов Монтегю в РТQ вводит специальный знак *. Например, если m – индивидная константа типа $\langle e \rangle$, то m^* есть выражение $in\lambda P[P\{m\}]$ типа $\langle s, \langle s, \langle e, t \rangle \rangle \rangle$. Следуя этой стратегии, выражение

$$in\lambda P[N(fis^I) \& Trfis(fis^I) \& P\{fis^I\}]$$

можно обозначить через fis^I^* .

Правило T2 для нот, т.е. выражений базовой категории B_N можно переформулировать следующим образом:

T2⁰.

Если α принадлежит B_{QT} и β принадлежит B_N , то α переводится в предикатную константу A , β переводится в индивидную константу r , а $F3(\alpha, \beta)$ переводится в

$$in\lambda P[N(r) \& A(r) \& P\{r\}]$$

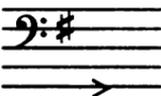
Можно рассматривать следующие сокращения для выражений категории V_N :



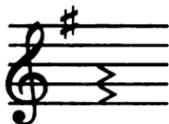
переводится в $in\lambda P[N(f^l) \& Tr(f^l) \& P\{f^l\}]$ – сокращенно f^{l*} – свойство свойств звукового события фа первой октавы.



$in\lambda P[N(a^l) \& Tr(a^l) \& P\{a^l\}]$ – сокращенно a^{l*} – свойство свойств звукового события ля первой октавы.



$in\lambda P[N(G) \& B^{fis}(G) \& P\{G\}]$ – сокращенно G^* – свойство свойств звукового события соль большой октавы.
Другие примеры переводов для правил **T2**.



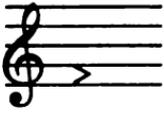
$in\lambda P[N(fis^l \oplus a^l) \& Tr^{fis}(fis^l \oplus a^l) \& P\{fis^l \oplus a^l\}]$
сокращенно $(fis^{l*} \oplus a^l)^*$



$in\lambda P[N(e^l \otimes f^l) \& Tr(e^l \otimes f^l) \& P\{e^l \otimes f^l\}]$ сокращенно $(e^l \otimes f^l)^*$.

Правило перевода ТЗ образует высказывания о звуковых событиях в форме предикатов.

Пусть α есть



β есть



Перевод α' есть выражение интенциональной логики

$$\text{in}_{\lambda P} [N(f^l) \& Tr(f^l) \& P\{f^l\}]$$

Перевод β' есть выражение $\text{in}_{\lambda z} [C(z)]$. Сочленяя α' с β' , получаем

$$\text{exin}_{\lambda P} [N(f^l) \& Tr(f^l) \& P\{f^l\}] (\text{in}_{\lambda z} [C(z)]).$$

Следуя принятому ранее сокращению, можно предложить следующие варианты перевода:

$$\text{exin}_{\lambda P} [P\{f^l\}] \text{ и } \text{ex}f^l * (\text{in}_{\lambda z} C(z)).$$

Последнее читается: "свойство быть z таким, что z имеет длительность четверть и является одним из свойств звукового события фа первой октавы в данном возможном мире".

Допустимы следующие преобразования:

$$\text{exin}_{\lambda P} [P\{f^l\}] (\text{in}_{\lambda z} C(z))$$

$$\rightarrow \lambda P [P\{f^l\}] (\text{in}_{\lambda z} C(z))$$

$$\rightarrow \text{in}_{\lambda z} C(z) \{f^l\}$$

$$\rightarrow \text{exin}_{\lambda z} [C(z)] (f^l)$$

$$\rightarrow \lambda z [C(z)] (f^l)$$

$$\rightarrow C(f^l)$$

exin-удаление

λ -конверсия

конверсия скобок

exin-удаление

λ -конверсия.

$C(f^l)$ читается "звуковое событие фа первой октавы имеет длительность четверть".

Примеры других переводов.



переводится в $\text{exin}_{\lambda P} [P\{f^l \oplus a^l\}] (\text{in}_{\lambda y} H(y))$. Преобразовав последнее в $H(f^l \oplus a^l)$, можно прочесть как "звуковое событие фа и

ля первой октавы, звучащие одновременно, имеет длительность половинку".



переводится в $exin_{\lambda Q}[Q\{f^1\}](in_{\lambda y} H(y)) \& exin_{\lambda R}[R\{a^1\}](in_{\lambda y} H(y)) \& in_{\lambda P}[P\{f^1 \otimes a^1\}]$.

Используя правила удаления конъюнкции, λ -конверсии, $exin$ -удаления и конвенции скобок, можно преобразовать данное выражение в

$$H(f^1) \& H(a^1) \& in_{\lambda P}[P\{f^1 \otimes a^1\}].$$

Последнее читается как: "звуковое событие фа первой октавы имеет длительность половинку и звуковое событие ля первой октавы имеет длительность половинку".

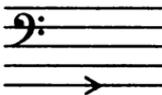
Правило **T4** конъюнктивно соединяет экстенциональные свойства звуковых событий, образуя интенциональное свойство. Примеры переводов.



переводится в $in_{\lambda x} [Sn(x \& D(x))]$. Читается: свойство быть x таким, что x имеет длительность Sn и имеет уменьшающуюся громкость".

Правило перевода **T5** образует высказывания о свойствах звуковых событий.

Если $in_{\lambda P}[P\{G\}]$ есть перевод



$in_{\lambda x} C[(x)]$ есть перевод





переводится в $exin_{\lambda}P[P\{G\}](in_{\lambda}C[(x)])$.

Продлав соответствующие преобразования, получаем: $C(G)$.

Читается: "соль большой октавы имеет длительность четверть".

Изменим β в выше рассматриваемом примере, положив, что β есть



β переводится в β' : $in_{\lambda}C[(x) \& D(x)]$, согласно Т4. Благодаря Т5 получаем: $exin_{\lambda}P[P\{G\}](in_{\lambda}C[(x) \& D(x)])$. Преобразовав, имеем $C(G) \& D(G)$.

Читается: "звуковое событие соль большой октавы имеет длительность четверть и уменьшает свою громкость"

Правило Т6 позволяет от высказываний о звуковых событиях перейти к звуковым событиям.

$in_{\lambda}P[V(q) \& P\{q\}]$ можно прочесть как "свойство быть свойством P таким, что звуковое событие q имеет V и обладает свойством P ".

Пример.

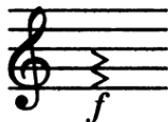
Пусть α есть



β есть f , а φ есть



Тогда $F_7(\varphi)$ есть



Согласно **T6**, имеем перевод

$$in_{\lambda P}[F\{f^1 \oplus a^1\} \& P\{f^1 \oplus a^1\}].$$

Читается: "свойство быть свойством P является одним из свойств звукового события такого, что фа и ля первой октавы звучат одновременно и имеют громкую мощность звучания".

Заключение

Логика и лингвистика: пути сближения

Сближение логики и лингвистики в настоящее время определяется практическими задачами компьютерных разработок и создания искусственного интеллекта. Проведение логико-лингвистических изысканий, видимо, требует смены исследовательских установок со стороны логики. Как нормативная наука, логика предметом своих исследований видит изучение принципов, норм, тактик доказательных рассуждений, приемлемых по выработанным обоснованным критериям. С этой точки зрения, логические теории можно рассматривать как ответы на вопросы "как следует рассуждать", "как следует употреблять понятия".

Приближение формальных теорий к практике естественных рассуждений подразумевает решение двух задач: создания теории вывода, приближенного к естественному, и разработка таких логических языков, структуры которых приближены к структурам грамматическим. Для того, чтобы встать на путь решения этих задач полезно сменить нормативно-концептуальную установку на практически-лингвистическую, поставив вопросы "как реально рассуждают", "как реально грамматически сочетаются слова", и в частности, "как реально в речи употребляются модальные понятия". В данной книге предпринята попытка реализовать лингвистическую установку в сочетании с концептуальной: в процессе исследования контекстов речи, обсуждается вопрос о том, какие логические методы могут быть использованы для их анализа. Подробно были рассмотрены контексты с модальными и эпистемическими терминами и предложена интенциональная логическая модель.

В основу разрабатываемого метода легли категориальные грамматики и интенциональные логики Монтегю. Среди достоинств подхода Монтегю отмечают следующие: строгий теоретико-множественный подход, использование композициональной и рекурсивной семантики, как для экстенциональных, так и для интенциональных терминов, требование гомоморфизма как центральное для подхода Монтегю, структурная адекватность грамматике для логических языков, корреляция логических и грамма-

тических форм (категории и типы). Среди многочисленных трудностей и недостатков называют следующие: анализ кванторных слов во многом искусственен и не отражает многообразия речевых ситуаций, не решается проблема анафорических выражений и взаимозависимых контекстов, понятие интенционала слишком элементарно и не отражает структуру модальных взаимосвязей в контексте, предполагается, что знание говорящего исчерпывается содержанием возможных миров, не учитывается динамика когнитивной коммуникации между говорящими.

Многие указанные трудности были преодолены в непосредственной связи с методом Монтегю, например в динамических грамматиках Монтегю [Groenendijk, Stokhof 1989]. В данной книге решалась проблема анализа модальных и эпистемических контекстов в сочетании подхода Монтегю с принципами неклассических логик. Для того, чтобы описать взаимосвязь модальных понятий, пришлось пойти по пути структуризации системы возможных миров и композиционального усложнения понятия интенционала. Различаются типы интенционалов, соотнесенные со смысловыми предметными областями, а именно, со смысловыми "полями" эпистемических субъектов (познавателей) и смысловыми сферами действий модально-временных фраз.

Особенностью развиваемого метода является сочетание *категориального* подхода, в рамках которого каждое выражение избранного фрагмента языка "помечается" категорией, с *фразовым* подходом. Модализированные фразы рассматриваются как нерасчленяемые атомы в грамматике. В интенциональной логике им соответствуют особые модальные операторы как единые символы.

Отметим, что понятие категории в грамматике следует рассматривать как относительное. Последнее означает, что ряд выражений естественного языка может менять категорию в зависимости от способов синтаксического сочленения и генерации в контексте. Например, при синтаксическом порождении истинностно-функционального предложения "*Маша курит*" за базовое выражение берется инфинитив "*курить*" категории *непереходных глаголов (t/e)*. При генерации предложения "*Маша курит сигареты*" "*Прима*" инфинитив "*курить*" необходимо понимать как *переходный глагол категории t/e / t/t/e*. В нормативном предложении "*Маше запрещено курить*" из инфинитива "*курить*" образуют нормативную фразу "*запрещено курить*". "*Курить*" в данном случае понимается как общее (родовое) действие, к которому

может применяться норма. Возможен следующий анализ: переходные глаголы в нормативных контекстах (рассуждениях о типовых действиях, эталонах объектов, ситуаций) получают категорию действий, обозначим ее через *ас*, а нормативные модальности типа *запрещено*, *разрешено*, получают категорию нормативных определителей действий, то есть *nt/ас*.

В компьютерной лингвистике ведется работа по ряду альтернативных программ (алгебраический подход, функциональные грамматики Кея, теория представления наборов фраз Камке, обобщенные грамматики структуры фразы). О том, что категориальный подход далеко не исчерпал себя свидетельствуют материалы конференций по компьютерной лингвистике и ее приложениям (Казань, 1995, Дубна, 1996, Ясная Поляна 1997). Среди актуальных задач исследований выделяют следующие: компьютерная лингвистика и искусственный интеллект; системы автоматической обработки текстов; синтаксис, семантика и прагматика и их взаимодействия; теоретическая и когнитивная лингвистика, естественоязыковой интерфейс, понимание текста и модели предметной области, логические подходы в анализе языка.

Литература

- Анисов А.М.* [1997] Семантика неопределенности // Логические исследования. Вып.4. М. С.271-289.
- Бежанишвили М.Н.* [1987] Некоторые эпистемические пропозициональные системы // Методы логических исследований. Тбилиси. Мецниереба. С.27-38.
- Бежанишвили М.Н.* [1988] Доксатические пропозициональные системы с одним модальным оператором // Интенциональные логики и логическая структура теорий. Тбилиси. Мецниереба. С.174-181.
- Блинов А.Л., Петров В.В.* [1991] Элементы логики действий. М.
- Васюков В.Л.* [1997] Формальная феноменология. М. Деп.ИНИОН РАН, №52929, 11.09.97г. С.175.
- Васюков В.Л.* [1999] Формальная феноменология. М.
- Войшвилло Е.К.* [1984] Логическое следование и семантика обобщенных описаний состояний // Модальные и интенциональные логики и их применение к проблемам методологии науки. М. С. 183-191.
- Войшвилло Е.К.* [1997] Теория логической релевантности // Логические исследования. Вып.4. М. С.222-244.
- Вригт Г.Х.* [1986] Логико-философские исследования. Избранные труды. М.
- Вригт Г.Х.* [1986] Нормы, истина и логика // Логико-философские исследования. Избранные труды. М. С.290-410.
- Вригт Г.Х.* [1986] О логике норм и действий // Логико-философские исследования. Избранные труды. М. С.245-289.
- Герасимова И.А.* [1989] Логический анализ рассуждений на основании личностных знаний // Синтаксические и семантические исследования неэкстенциональных логик. М.ИФРАН. С. 50-66
- Герасимова И.А.* [1993] Распределенные системы с точки зрения эпистемической логики // Логические исследования. Вып.1. М. С.171-180.
- Герасимова И.А.* [1993] Дилемма экстенциональности-интенциональности и контексты с пропозициональными установками // Логические исследования. Вып.2. С.53-67.
- Герасимова И.А.* [1994] Знание о знании (логико-методологический этюд) // Когнитивная эволюция и творчество. М. С.185-204.
- Герасимова И.А.* [1995] Семантический анализ музыкальной нотации // Логические исследования. Вып.3. М. С.314-351.
- Герасимова И.А.* [1997] Комбинированная семантика для логики абсолютных норм с неклассическим отрицанием // Логические исследования. Вып.4. М. С.163-172.
- Гриненко Г.В.* [1997] Логико-семиотический анализ гимнов Авесты // Труды научно-исследовательского семинара Логического центра Института философии РАН. 1996. М. С 157-177

- Ивлев Ю.В.* [1993] Квазифункциональные семантики и семантики ограниченных множеств описаний состояний // Логические исследования. Вып.1. М.
- Ивлев Ю.В.* [1997] К теории логических модальностей // Труды научно-исследовательского семинара Логического центра Института филологии РАН.1996. М.
- Ишиimoto А* [1993] Логическая грамматика: логико-онтологический обзор // Логические исследования. Вып.2.
- Карпенко А С* [1990] Фатализм и случайность будущего: логический анализ. М.
- Костюк В.Н.* [1976] Элементы модальной логики. Киев. 1976.
- Ледников Е.Е.* [1997] О модальной природе контекстов существования // Международная конференция "Развитие логики в России: итоги и перспективы". М. 1997. С.36-38.
- Ледников Е.Е.* [1998] О логическом содержании понятия существования // Современная логика: проблемы теории, истории и применения в науке. Материалы V Общероссийской научной конференции 18-20 июня 1998 г. С.-П. С.185-187.
- [1986] Логический анализ естественного языка // Новое в зарубежной лингвистике. Вып.XVIII. М.
- [1989] Логический анализ языка. Проблемы интенциональных и прагматических контекстов. М.
- [1991] Логический анализ языка. Культурны концепты. М.
- [1993] Логический анализ языка. Ментальные действия. М.
- [1995] Логический анализ языка. Истина и истинность в культуре и языке. М.
- [1998] Логический подход к искусственному интеллекту. От модальной логики к логике баз данных. М.
- Мадарас А* [1984] От Фреге до современной интенциональной логики // Модальные и интенциональные логики и их применение к проблемам методологии науки. М.
- Микиртумов И.Б.* [1998] Логика смысла и денотата в перспективе формализованной теории значения // Современная логика: проблемы теории, истории и применения в науке. Материалы V Общероссийской научной конференции. 18-20 июня 1998г. С.-П. С.217-221.
- [1984] Модальные и интенциональные логики и их применение к проблемам методологии науки. М.
- Ниинилуото И.* [1984] Заметки о логике восприятия // Модальные и интенциональные логики и их применение к проблемам методологии науки. М. 329-340.
- Павлов С.А* [1997] Экстенциональные и интенциональные аспекты аксиоматической теории обозначения // Логические исследования. Вып.4. М. С.261-270.
- Падучева Е.В.* [1974] О семантике синтаксиса. Материалы к трансформационной грамматике русского языка. М.

- Перн И* [1984] Значение и интенционал // Модальные и интенциональные логики и их применение к проблемам методологии науки. М. С.302-310.
- [1996] Прикладное языкознание. Спб.
- Рантала В.* [1984] Семантика невозможных миров и логическое всеведение // Модальные и интенциональные логики и их применение к проблемам методологии науки. М. С.199-207.
- Ружа И* [1984] Интенциональная логика без интенциональных переменных // Модальные и интенциональные логики и их применение к проблемам методологии науки. М. С.220-245.
- Сааринен Е.* [1984] Являются ли суждения объектами пропозициональных установок? // Модальные и интенциональные логики и их применение к проблемам методологии науки. М. С.249-272.
- Саболчи А.* [1984] Моделирование естественного языка в работах Р.Монтегю // Модальные и интенциональные логики и их применение к проблемам методологии науки. М. С.289-302.
- [1981] Семантика модальных и интенциональных логик. М.1981. С.368..
- Сидоренко Е.А.* [1995] Семантика возможных миров: от Лейбницевской к Юмовской // Логические исследования. Вып. 3. М. С.24-37.
- Смирнов В.А.* [1979] Логические системы с модальными временными операторами // Модальные и временные логики (Материалы II-го советско-финского colloquium). М. С.89-98.
- Смирнов В.А.* [1987] Логические методы анализа научного знания. М.
- Смирнов В.А.* [1990] О перспективах анализа учения И.Канта о праве и морали средствами современной логики // Кантовский сборник. Межвузовский тематический сборник научных трудов. Вып.15. Калининград. С.68-73.
- Смирнов В.А.* [1993] Многомерные логики // Логические исследования. Вып.2. С.259-278.
- Смирнова Е.Д.* [1982] Формализованные языки и проблемы логической семантики. М.
- Смирнова Е.Д.* [1996] Логика и философия. М. 1996.
- Смирнова Е.Д.* [1997] К вопросу построения семантик формализованных и естественных языков // Труды научно-исследовательского семинара Логического центра Института философии РАН. 1996. М.
- [1998] Современная логика: проблемы теории, истории и применения в науке. Материалы V Общероссийской научной конференции. 18-20 июня 1998г. С.-П. С.458.
- Топорова Т.В.* [1995] Древнегерманские представления о праве и правде. // Логический анализ языка. Истина и истинность в культуре и языке. М.
- [1995] Труды Международного семинара "Диалог 95 по компьютерной лингвистике и ее приложениям". Казань.
- [1996] Труды Международного семинара "Диалог 96 по компьютерной лингвистике и ее приложениям. Дубна, 1996". М.

- [1997] Труды Международного семинара "Диалог 97 по компьютерной лингвистике и ее приложениям. Ясная поляна. 1997". М.
- Шалак В.И.* [1993] Динамическая интерпретация высказываний // Логические исследования. Вып.2.
- Шатуновский И.Б.* [1996] Семантика предложения и неререферентные слова: Значение. Коммуникативная перспектива. Прагматика. М.
- [1987] *Философия, логика, язык.* М.
- Фреге Г.* [1977] *Смысл и денотат* // Семиотика и информатика. М. №8.
- Фреге Г.* [1978] *Понятие и вещь* // Семиотика и информатика. М. №10.
- Adukiewicz K.* [1935] *Die syntaktische konnexitat* // *Studia Philosophica* 1: 1-27; translated as *Syntactik connexion* // *Polish Logic*. Oxford. 1967. 207-231.
- Alchourrón C E, Gardenfors P, Makinson D.* [1985] On the logic of theory change: Partial meet contraction and revision functions // *The Journal of Symbolic Logic*, 50, pp. 510-530.
- Åqvist L.* [1984] *Deontic Logic* // *Handbook of Philosophical Logic*. Vol.II Dordrecht. P. 605-714.
- Bach E* [1979] *Montague grammar and classical transformational grammar* // *Linguistics, Philosophy, and Montague Grammar*. Texas.
- Barwise J* [1979] On branching quantifiers in English // *Journal of Philosophical Logic* 8, pp. 47-80.
- Bennet M.* [1975] *Some Extensions of Montague Fragment* // UCLPAh.D. Dissertation. 1974; Reproduced by the Indiana University Linguistics Club. 1975.
- Bennet M* [1978] *Demonstratives and indexicals in Montague grammar* // *Synthese* 39, pp.1-80.
- Van Benthem J.* [1989] *Modal Logic as a Theory of Information* // ITLI-Prepublication Series LP-89-05. University of Amsterdam.
- Van Benthem J., Veltman F.* *Intensional Logic* // *Language, Logic and Information*. Second European Summer School. Leuven. 1990.
- Bigelow J* [1978] *Believing in semantics* // *Linguistics and Philosophy* 2, pp.101-144.
- Bowers J. and Reichenbach U K H* [1979] *Montague grammar and transformational grammar a review of Formal Philosophy: Selected Papers of Richard Montague* // *Linguistic Analysis* 5.
- Carnap R.* [1947] *Meaning and Necessity*. Chicago.
- Church A* [1940] *A formulation of a simple theory of types* // *Journal of Symbolic Logic* 5: 56-68
- Church A.* [1951] *A formulation of the logic of sense and denotation* // *Structure, Meaning and Method: Essays in Honor of Henry M. Sheffer*. New York Liberal Arts. pp. 3-24.
- Church A.* [1973] *Outline of a revised formulation of the logic of sense and denotation. Part I* // *NOUS*. Vol. I. P.24-33; *Part II* // *Nous* 1974. Vol. 8. P. 135-156.
- [1995] *Constraint grammar: A language-independent system for parsing unrestricted text*. Berlin, N.Y.

- [1994] *Constrains, Language and Computation // Computation in cognitive science.* Acad. Press. XXIII.
- Cooper R. and Parsons T.* [1976] *Montague grammar, generative semantics, and interpretive semantics // Montague Grammar.* New York. pp. 311-362.
- Cresswell M* [1973] *Logics and Languages.* London.
- Cresswell M* [1973] *Logics and Languages.* London.
- Cresswell M.* [1975] *Hyperintensional logic // Studia logica* 34: 261-292.
- Cresswell M.* [1976] *Review of Formal Philosophy, Selected Papers of Richard Montague.* New Haven. // *Philosophia* Vol. 6.1: 193-207.
- Davidson D.* [1968] *On saing that // Synthese* 19: 130-146.
- Davidson D and Harman G* [1972] *Semantics of Natural Language.* Dordrecht, Holland.
- [1993] *Deontic Logic in Computer Science. Normative System Specification.* Chichester.
- [1996] *Deontic Logic, Agency and Normative Systems.* Springer Workshops in Computing. London.
- Dowty D* [1979] *Word Meaning and Montague Grammar.* Dordrecht.
- [1978] *Formal Semantics and Pragmatics for Natural Languages.*
- [1975] *Formal Semantics of Natural Language.* Cambridge.
- Frege G* [1893] *Über Sinn und Bedeutung // Zeitschrift für Philosophie und philosophische Kritik* 100:25-50.
- Gabbay D. and Moravcsic J.* [1974] *Branching quantifiers, English and Montague-grammars // Theoretical Linguistics* 1, pp.139-157.
- Gallin D.* [1975] *Intensional and Higer-Order Modal Logic with Applications to Montague Semantics.* Amsterdam.
- Gazdar G.* [1976] *Formal Pragmatics for Natural Languages: Implication, Presupposition and Logical Form.* Indiana.
- Gochet P.* [1983] *L'originalité de la sémantique de Montague // Etudes Philosophiques.* Vol.2. Pp. 149-175.
- Gochet P.* [1986] *Ascent to Truth.* Philosophia Verlag. Berlin.
- Groenendijk, Jeroen and Stokhof, Martin.* [1979] *Infinitives and context in Montague grammar // Linguistics, Philosophy and Montague Grammar,* pp. 287-310.
- Groenendijk, Jeroen and Stokhof, Martin* [1989] *Dynamic Montague Grammar // Proceedings of Second Symposium on Logic and Language.* Hungary. September 5-8, 1989.
- Guenther F. And Guenther-Reutter M.* [1978] *Meaning anf Translation (Philosophical and Linguistic Approaches).* New York.
- Hausser R.* [1976] *Scope ambiguity and scope restrictions in Montague grammars // Amsterdam Papers in Formal Grammar.* Amsterdam.
- Hausser R.* [1976] *Presuppositions in Montague grammar // Theoretical Linguistics* 3, pp.245-280.
- Hintikka K.J.J* [1962] *Knowledge and Belief.* Ithaca. 1962.
- Hintikka K.J.J* [1969a] *The Modes of Modality // Hintikka K.J.J. Models for modalities.* Dordrecht. Holland. P.71-86 В русском переводе см.

- Хинтиikka Я* Виды модальности // Семантика модальных и интенциональных логик. М. 1981. С.41-59.
- Hintikka K.J.J* [1969b] Semantics for Propositional Attitudes // *Hintikka K.J.J. Models for Modalities*. Dordrecht. Holland. P.87-111. В русском переводе см. *Хинтиikka Я*. Семантика пропозициональных установок // *Хинтиikka Я* Логико-эпистемологические исследования. М. 1980. С.68-101.
- Hintikka K.J.J* [1974] On the proper treatment of quantifiers in Montague's semantics // *Logical Theory and Semantic Analysis*, pp.45-60. Holland.
- Hintikka K.J.J* [1975] Impossible Possible Worlds Vindicated // *J. of Philosophical Logic*. Vol.4. P.475-484.
- Janssen T.* [1976] A computer program for Montague grammar: theoretical aspects and proofs for the reduction rules // *Amsterdam Papers in Formal Grammar 1*, pp.154-169.
- Janssen T.* [1986a] Foundations and Applications of Montague Grammar. Part I: Philosophy, Framework, Computer Science. Centrum voor Wisrunde en Informatica, Tracte 19. Amsterdam.
- Janssen T* [1986b] Foundations and Applications of Montague Grammar. Part II: Applications to Natural Language. Centrum voor Wisrunde en Informatica, Tracte 28. Amsterdam.
- De Jongh D and Veltman F.* [1988] Intensional Logic. Lecture Notes. University of Amsterdam.
- Kaplan D.* [1964] Foundation of Intensional Logic. UCLA Ph.D. Dissertation.
- Kasher A* [1975] A proper treatment of Montague grammars in natural logic and linguistics // *Theoretical Linguistics 2*, pp.133-145.
- Lewis D.* [1969] Convention. A philosophical study. Harward: Univ. Press. 179 p.
- Lewis D.* [1973] Counterfactuals. Cambridge. MA: Harvard University Press. [1979] *Linguistics, Philosophy and Montague Grammar*. Texas.
- Mc Artur Gregory L.* [1988] Reasoning about knowledge and belief: a survey // *Computational Intelligence*. Vol. 4, N 3.
- [1976] *Montague grammar*. New York.
- Montague R.* [1960] On the nature of certain philosophical entities // *The Monist 53*: pp.159-194; reprinted *Formal Philosophy: Selected Papers of Richard Montague*; pp.148-187.
- Montague R.* [1968] *Pragmatics* // *Contemporary Philosophy: A Survey*. Pp. 102-122. Reprinted in *Formal Philosophy: Selected Papers of Richard Montague*, pp. 95-118.
- Montague R.* [1970] *Pragmatics and intensional logic* // *Synthese 22*: pp.68-94. Reprinted in *Formal Philosophy: Selected Papers of Richard Montague*, pp. 119-147.
- Montague R* [1973] Comments on Moravcsik's paper // *Approaches to Natural Language*, pp. 289-294.

- Montague R* [1973] The Proper Treatment of Quantification on Ordinary English // Approaches to Natural Language, pp. 221-242. Reprinted in Formal Philosophy: Selected Papers of Richard Montague, pp. 247-270.
- Montague R.* [1974] English as formal language // Linguaggi nella e nella Tecnica: pp.189-224. Reprinted in Formal Philosophy: Selected Papers of Richard Montague, pp. 108-121.
- Montague R.* [1974] Universal grammar // Theoria 36: 373-98. Reprinted in Formal Philosophy: Selected Papers of Richard Montague, pp. 222-246.
- Montague R. and Schnelle H.* [1972] Universale Grammatik. Braunschweig: Vieweg.
- Parsons T* [1979] Type theory and ordinary language // Linguistics, Philosophy and Montague grammar, pp.127-152.
- Partee B* [1974] Opacity and scope // Semantics and Philosophy, pp.81-102
- Partee B.* [1975] Montague grammar and transformational grammar // Linguistic Inquiry, Vol. VI. 2, pp.203-300.
- Partee B.* [1975] Montague grammar and transformational Grammar // Linguistic Inquiry 6, pp.203-300.
- Partee B* [1978] Semantics – mathematics or psychology // Semantics from different points of view: Proceedings of the Konstanz Colloquium on Semantics 1978.
- Partee B* [1979] Constraining transformational Montague grammar: A framework and a fragment // Linguistics, Philosophy and Montague Grammar, pp.51-102.
- Partee B* [1979] Montague Grammar, mental representation and reality // Proceedings of the Symposium “Philosophy and Grammar” at Uppsala University.
- [1986] Proceedings of the Conference on Theoretical Aspects of Reasoning about Knowledge. California: Morgan Kaufmann.
- Rantala V.* [1982] Impossible Worlds Semantics and Logical Omniscience // Intensional Logic: Theory and Applications // Acta Philosophica Fennica. Helsinki. Vol.35. P.106-115.
- Rantala V* [1998] On the Logic of connectionist representation // Логические исследования. Вып. 5. С.195-205. [1972] Semantics of Natural Language. Dordrecht.
- Seegerberg K.* [1995] Belief revision from the point of view of doxastic logic // Bulletin of the Interest Group in Pure and Applied Logics, 3. P.535-553.
- Seegerberg K.* [1998] Belief revision and doxastic commitment // Bulletin of the Section of Logic, vol. 27, N 1-2.
- Seegerberg K.* [1998] On the reversibility of doxastic actions // Логические исследования. Вып.5 М. С.135-138.
- Thomanson R* [1974] Introduction // Formal Philosophy: Selected Papers by Richard Montague, pp.1-69
- Zhisheng Huang* [1989] Dependency of Belief in Distributed Systems // Institute for Language, Logic and Information. University of Amsterdam Preprint.

Научное издание

Герасимова Ирина Алексеевна
Формальная грамматика и интенциональная логика

*Утверждено к печати Ученым советом
Института философии РАН*

В авторской редакции

Художник В. К. Кузнецов

Технический редактор Н. Б. Ларионова

Лицензия ЛР № 020831 от 12.10.98 г.

Подписано в печать с оригинал-макета 13.01.2000

Формат 60x84 1/16 Печать офсетная Гарнитура Таймс

Усл. печ. л. 9,75 Уч.-изд. л. 6,50 Тираж 500 экз. Заказ № 002

Оригинал-макет изготовлен в Институте философии РАН

Компьютерный набор и верстка автора

Отпечатано в ЦОИ Института философии РАН

119842, Москва, Волжонка, 14