**4.1. Модель метаонтологии предметной области Химия**

Модель метаонтологии предметной области Химия представляет собой необогащенную систему логических соотношений с параметрами O = <*Метаонтология ПО Химия*(ST, Интервалы, Категории), {Типы сущностей, Типы компонентов сущности, Типы компонентов сущности, задаваемых количеством, Типы сущностей процесса, Подмножества компонентов сущности}, Определение конструкторов>. Прикладная логическая теория *Метаонтология ПО Химия*(SТ, Интервалы, Категории) = < ∅, SS>, где SS - это множество предложений, определяемое ниже. Данная прикладная логическая теория не использует предложений других прикладных логических теорий.

Определим предложения прикладной логической теории *Метаонтология ПО Химия*  (SТ, Интервалы, Категории). Вначале определим неоднозначно интерпретируемые имена и ограничения на их значения.

1. Множества значений ≡ R ∪ I ∪ N ∪ L ∪ ({}(R ∪ I ∪ N ∪ )\∅) Вспомогательный термин "Множества значений” обозначает объединение множеств целых и вещественных чисел и множества обозначений, а также всех их возможных подмножеств

2. Кортежи значений ≡ (∪(n: I[1, ∞)) Множества значений ⇑n ) Вспомогательный термин "Кортежи значений" обозначает множество произвольных кортежей, составленных из элементов множества значений

3. Сорт Типы сущностей : {}N \ ∅

Параметр "Типы сущностей" обозначает не пустое множество названий типов сущностей

4. (Тип: Типы сущностей) сорт Тип: {}(R ∪ I ∪ N ∪ L) ∪ Кортежи значений

Каждый тип сущностей представляет собой некоторое множество сущностей; каждая сущность может иметь имя, быть представлена числом, быть логическим значением либо кортежем

5. *Ограничение*: (Тип1: Типы сущностей) (Тип2: Типы сущностей \ {Тип1}) j(Тип1) ⋂ j(Тип2) = ∅

Множества сущностей различных типов не пересекаются

6. Кортежи типов сущностей ≡ (∪ (n: I[1, ∞)) (Типы сущностей ⇑n) Вспомогательный термин "Кортежи типов сущностей" обозначает множество произвольных кортежей, составленных из типов сущностей

7. Сущности ≡ (∪ (Тип: Типы сущностей) j(Тип))

Вспомогательный термин "Сущности" обозначает объединение сущностей всех типов

8. Тип сущности ≡ (λ(Сущность: Сущности) (ι (Тип: Типы сущностей) Сущность ∈ j(Тип)))

Вспомогательный термин "Тип сущности" обозначает функцию, аргументом которой является сущность, а результатом ее тип

9. Сорт Типы компонентов сущности: (Типы сущностей → {}Типы сущностей)

Параметр "Типы компонентов сущности" обозначает функцию, которая сопоставляет типу сущности t не пустое множество названий типов сущностей, которые могут быть компонентами сущностей типа t

10. *Ограничение*: (Тип: Типы сущностей) Тип ∉ Типы компонентов сущности(Тип)

Никакая сущность не может иметь в качестве компонентов сущности такого ж типа, как она

11. Сорт Типы компонентов сущности, задаваемых количеством: (Типы сущностей →{} N)

Параметр "Типы компонентов сущности, задаваемых количеством" обозначает функцию, которая сопоставляет типу сущности t множество названий типов сущностей, которые могут быть компонентами сущностей типа t; множество может быть пустым

12. *Ограничение*: (Тип: Типы сущностей) Типы компонентов сущности, задаваемых количеством(Тип) ⋂ Типы сущностей = ∅

Множество типов сущностей не пересекается с множествами названий типов компонентов сущностей, задаваемых количеством

13. (Тип 1: Типы сущностей) (Тип 2: Типы компонентов сущностей, задаваемых количеством(Тип 1)) сорт Тип 2: (j(Тип 1) → I[1, ∞))

Для каждой сущности типа t название каждого типа компонента, задаваемого количеством, задает имя функции, аргументом которой является множество сущностей типа t, а результатом целое число, не меньшее 1

14. Сорт Число шагов процесса: I[0,∞)

Термин «Число шагов процесса» обозначает количество шагов, из которых состоит физико-химический процесс

15. Сорт Типы сущностей процесса: {} Типы сущностей \ ∅

Термин "Типы сущностей процесса" обозначает множество типов сущностей, которые рассматриваются как компоненты физико- химического процесса

16. Сорт Подмножества компонентов сущности: ((Тип1 → Типы сущностей, Тип2 → Типы компонентов сущности(Тип1)) → {}N)

Термин "Подмножества компонентов сущности" обозначает функцию, аргументами которой являются тип сущностей t1 и тип t2, принадлежащий множеству типов сущностей, которые рассматриваются как компоненты сущностей типа t1, а результатом - множество названий подмножеств компонентов сущности типа t1

17. (Тип1: Типы сущностей) (Тип2: Типы компонентов сущности(Тип1)) (элемент: Подмножества компонентов сущности(Тип1, Тип2)) сорт элемент: (j(Тип1)→{} {(v: Сущности) Тип сущности(v) = Тип2} \ ∅)

Для каждого типа сущностей t1 и типа t2, принадлежащий множеству типов сущностей, которые рассматриваются как компоненты сущностей типа t1, термин, принадлежащий множеству результатов функции "Подмножества компонентов сущности" обозначает функцию, аргументом которой является сущность типа t1, а результатом некоторое не пустое подмножество сущностей типа t2

18. (Тип1: Типы сущностей) (Тип2: Типы компонентов сущности(Тип1)) (сущность: j(Тип1)) Подмножества компонентов сущности(Тип1, Тип2) ≠ ∅ ⇒ Компоненты сущности(Тип1, Тип2)(сущность) = (∪ (Элемент: Подмножества компонентов сущности(Тип1, Тип2)) элемент(сущность)) Для каждого типа сущностей t1 и типа t2, принадлежащий множеству типов сущностей, которые рассматриваются как компоненты сущностей типа t1, и каждой сущности, имеющей тип t1, множество компонентов представляет собой объединение подмножеств, имена которых задает значение функции "Подмножества компонентов сущности"

19. (Тип1: Типы сущностей) (Тип2: Типы компонентов сущности(Тип1)) (эл1: Подмножества компонентов сущности(Тип1, Тип2)) (эл2: Подмножества компонентов сущности(Тип1, Тип2)\{эл1}) эл1(Тип1) ⋂ эл2(Тип1) = ∅

Для каждого типа сущностей t1 и типа t2, принадлежащий множеству типов сущностей, которые рассматриваются как компоненты сущностей типа t1, пересечение разных подмножеств компонентов сущности типа t1 пусто.

Теперь определим конструкторы метаонтологии

20. Собственные свойства сущностей ≡ (λ(Тип сущности: Типы сущностей) (λ(Область возможных значений: {}(Множества значений ∪ {}Кортежи значений)) (j(Тип сущности) → Область возможных значений)))

Термин "Собственные свойства сущностей" обозначает функцию, аргументом которой является тип сущности t, а областью значений - множество функций, у каждой из которых область определения есть множество значений или множество кортежей m, а область значений - множество функций, аргументом каждой из которых является сущность типа t, а результатом - элемент множества m

21. Компоненты сущности ≡ (λ (Тип1: Типы сущностей) (Тип2: Типы компонентов сущности(Тип1)) (j(Тип1) → {} {(v: Сущности) Тип сущности(v) = Тип2} \ ∅))

Термин "Компоненты сущности" обозначает функцию, аргументами которой являются тип сущностей t1 и тип t2, принадлежащий множеству типов сущностей, которые рассматриваются как компоненты сущностей типа t1, а областью значений - множество функций, аргументом каждой из которых является сущность типа t1, а результатом - множество ее компонент - некоторое непустое подмножество сущностей типа t2

22. Свойства компонентов указанного типа ≡ (λ(Тип1: Типы сущностей) (Тип2: Типы компонентов сущности(Тип1)) (λ(Область возможных значений: {}(Множества значений ∪ {}Кортежи значений)) ((Сущность типа 1 → j(Тип1), Сущность типа 2 → Компоненты сущности(Тип1, Тип2)(Сущность типа 1)) → Область возможных значений)))

Термин "Свойства компонентов указанного типа" обозначает функцию, аргументами которой являются два типа сущностей t1 и t2, а областью значений - множество функций, область определения каждой из которых есть множество значений или кортежей значений m, а область значений - множество функций, аргументами каждой из которых являются сущности, имеющие тип t1 и t2, причем вторая является компонентом первой, а результатом - элемент множества m

23. Свойства подмножества компонентов указанного типа ≡ (λ(Тип1: Типы сущностей) (Тип2: Типы компонентов сущности(Тип1)) (Название подмножества: Подмножества компонентов сущности (Тип1, Тип2)) (λ(Область возможных значений: {}(Множества значений ∪ {}Кортежи значений)) ((Сущность типа 1 → j(Тип1), Сущность типа 2 → Компоненты сущности(Тип1, Тип2)(Сущность типа 1)) → Область возможных значений)))

Термин "Свойства подмножества компонентов указанного типа" обозначает функцию, аргументами которой являются два типа сущностей t1 и t2 (один из возможных типов сущностей, которые рассматриваются как компоненты сущностей типа t1), и название подмножества, а результатом - функция, областью определения которой является множество значений или кортежей значений m, а областью значений - множество функций, аргументами каждой из которых являются сущности, имеющие тип t1 и t2, причем вторая является компонентом первой, а результатом - элемент множества m

24. Свойства сущностей, зависящие от значений ее свойств ≡ (λ (Тип: Типы сущностей) (λ (Параметр: j(Тип)) (Кортеж множеств: {}Кортежи значений) (Область возможных значений: {}(Множества значений ∪ {}Кортежи значений)) ((× j(Тип), Кортеж множеств) → Область возможных значений)))

Термин "Свойства сущностей, зависящие от значений свойств" обозначает функцию, аргументами которой является тип сущности t1, а областью значений - множество функций, аргументами каждой из которых являются сущность, имеющая тип t, корте ж множеств C значений свойств сущности, а также множество значений или кортежей значений m, а результатом - функция, аргументами которой являются сущность типа t и элемент множества C (кортеж значений свойств), а результатом - элемент множества m

25. Свойства сущностей, зависящие от значения ее свойства ≡ (λ (Тип: Типы сущностей) (λ (Параметр множества: j(Тип)) (Множество: {}Множества значений) (Область возможных значений: {}(Множества значений ∪ {}Кортежи значений)) ((× j(Тип), Множество) → Область возможных значений)))

Термин "Свойства сущностей, зависящие от значений свойства" обозначает функцию, аргументом которой является тип сущности t1, а областью значений - множество функций, аргументами каждой из которых являются сущность, имеющая тип t, множество m1 значений некоторого свойства сущности, и множество значений или кортежей значений m2, а результатом - функция, аргументами которой являются сущность типа t и элемент множества m1, а результатом - элемент множества m2

26. Свойства компонентов не скольких типов ≡ (λ(Тип1: Типы сущностей) (Множество типов: {} Типы компонентов сущности(Тип1)) (λ(Область возможных значений: {}(Множества значений ∪ {}Кортежи значений)) (∪ (Тип2: Множество типов) ((Сущность 1 → j(Тип1), Сущность 2 → Компоненты сущности(Тип1, Тип2)(Сущность 1)) → Область возможных значений))))

Термин "Свойства компонентов не скольких типов" обозначает функцию, аргументами которой являются тип сущностей t1 и множество типов сущностей m1, а областью значений - множество функций, областью определения каждой из которых является множество значений или кортежей значений m, а областью значений - множество функций, аргументами каждой из которых являются сущность типа t1 и сущность типа t2 (где t2 есть один из элементов множества m1), являющаяся компонентом сущности типа t1, а результатом - элемент множества m

27. Свойства компонентов, задаваемых количеством ≡ (λ(Тип1: Типы сущностей) (Тип2: Типы компонент сущности, задаваемых количеством(Тип1)) (λ (Область возможных значений: {}(Множества значений ∪ {}Кортежи значений)) ((Сущность типа 1 → j(Тип1), Номер сущности типа 2→ I[1, Тип2(Сущность типа 1)]) → Область возможных значений)))

Термин "Свойства компонентов, задаваемых количеством" обозначает функцию, аргументами которой являются два типа сущностей t1 и t2, а областью значений - множество функций, областью определения каждой из которых является множество значений или кортежей значений m, а областью значений - множество функций, аргументами каждой из которых являются сущность типа t1 и ном р сущности типа t2, являющейся компонентом сущности типа t1, а результатом - элемент множества m

28. Совместные свойства сущностей ≡ (λ (Кортеж типов: {}Кортежи типов сущностей) (λ(Область возможных значений: {}(Множества значений ∪ {}Кортежи значений)) ((i → I[1,length(Кортеж типов)]), сущ→{(Сущность: Сущности) Тип сущности(Сущность)= π(i, Кортеж типов)}) → Область возможных значений)))

Термин "Совместные свойства сущностей" обозначает функцию, аргументом которой является кортеж типов сущностей, а областью значений - множество функций, областью определения каждой из которых является множество значений или кортежей значений m, а областью значений - множество функций, аргументом каждой из которых является кортеж сущностей соответствующих типов, а результатом - элемент множества m

31. Общие свойства сущности и компонента ≡ (λ (Тип1: Типы сущностей) (Тип2: Типы компонент сущности(Тип1)) (^(Область возможных

значений: {}(Множества значений и {}Кортежи значений)) (|(Тип

сущности) и (Сущность 1 ^ ](Тип1), Сущность 2 ^ Компоненты сущности(Тип1, Тип2)(Сущность 1)) ^ Область возможных знач е ний))) Термин "Общие свойства сущности и компон ента" обозначает функцию, аргум е нтами которой являются два типа сущност е й tl и t2, а областью знач ний - множ ство функций, у каждой из которых область опр д л ния е сть множе ство знач ений или множе ство кортежей m, а область значений

- множество функций, у каждой из которых либо один аргумент (сущность типа tl), либо два аргумента (сущность типа tl и сущность типа t2, являющаяся компон е нтом сущности типа tl), а р е зультат явля ется элем ентом множе ства m

32. Собстве нные свойства проц е сса ≡ (X (Область возможных знач е ний: {}(Множества значений и {}Кортежи значений)) (I[1, Число шагов проце сса] ^ Область возможных значений))

Термин "Собств енны е свойства проце сса" обозначает функцию, областью опр д л ния которой явля тся множ ство знач ний или корт ж й знач ний m, а областью знач ний - множ ство функций, аргум нтами каждой из которых являются номер шага процесса, а результатом - элем ент множе ства m

33. Сущности процесса ≡ (Х(Тип: Типы сущностей процесса) {(f: (I[1, Число шагов проце сса] ^ {} {(v: Сущности) Тип сущности^) ≡ Тип})) (& (Ном ер шага: I[1, Число шагов проце сса]-1) ДНом ер шага) ^ ДНом ер шага+1))})

Термин "Сущности проце сса" обозначает функцию, аргум ентом которой является тип сущностей t, а областью значений - множество функций, аргументом каждой из которых является номер шага процесса, а результатом подмножество сущностей типа t, причем каждая функция обладает следующим свойством: множества сущностей соседних шагов проц сса н совпадают

34. Выделенные сущности проце сса ≡ (Х(Тип: Типы сущностей проц есса) {(f: (I[1, Число шагов проце сса] ^ {(v: Сущности) Тип сущности(v) ≡ Тип} \ ∅)) (& (Ном ер шага: I[1, Число шагов проц есса]) ^Ном ер шага) е Сущности проце сса(Тип)(Ном ер шага))})

Термин "Выд ел е нные сущности проц е сса" обозначает функцию, аргум е нтом которой явля ется тип сущносте й t, а областью знач е ний - множе ство функций, аргум ентом каждой из которых является ном ер шага проце сса, а р езультатом - н екоторый элем ент множе ства сущностей типа t, прич м каждая функция облада т сл дующим свойством: для любого шага процесса выделенная сущность процесса, имеющая тип t, является элем ентом множе ства сущностей этого шага проце сса, им еющих тип t

35. Свойства сущностей процесса ≡ (Х(Тип: Типы сущностей процесса)

(^(Область возможных значений: {}(Множе ства знач ений и {}Кортежи знач ений)) ((Ном ер шага ^ I[1, Число шагов проце сса], Сущность ^ Сущности проц е сса(Тип)(Ном ер шага)) ^ Область возможных

знач ний)))

Термин "Свойства сущностей проце сса" обозначает функцию, аргум ентом которой является тип сущностей t, а областью значений - множество функций, областью опр еделения каждой из которых является множе ство значений или кортежей значений m, а областью значений - множество функций, аргум ентами каждой из которых являются ном ер шага проце сса и компон нта этого шага (сущность типа t), а р зультатом - эл м нт множе ства m

36. Общие свойства процесса и участвующей в нем сущности ≡ (Х(Тип: Типы сущност е й проц е сса) (^(Область возможных знач е ний: {}(Множ е ства знач ений и {}Корте жи знач е ний)) (I[1, Число шагов проц е сса] и (Ном ер

шага ^ I[1, Число шагов проц е сса], Сущность ^ Сущности

проц е сса(Тип)(Ном ер шага)) ^ Область возможных знач е ний)))

Термин "Общи е свойства проце сса и участвующей в нем сущности" обозначает функцию, аргументом которой является тип сущностей t, а областью знач ний - множ ство функций, у каждой из которых область опр д л ния сть множ ство знач ний или множ ство корт ж й m, а область знач ний - множ ство функций, у каждой из которых либо один аргумент (номер шага процесса), либо два аргумента (номер шага проце сса и сущность типа t), а результатом является элем ент множе ства m

37. Состав сущносте й проц е сса ≡ (Х(Тип1: Типы сущносте й проц е сса) (Тип2: Типы компонентов сущностей(Тип1)) ((Ном ер шага ^ I[1, Число шагов проце сса], Сущность ^ Сущности проце сса(Тип1)(Ном ер шага)) ^ {} {(v: Сущности) Тип сущности(у) ≡ Тип2} \ ∅))

Термин "Состав сущностей проце сса" обозначает функцию, аргум ентами которой являются два типа сущност й t1 и t2, а областью знач ний - множество функций, аргументами каждой из которых являются номер шага проце сса и сущность типа t1, а р езультатом - не пусто е подмноже ство сущностей типа t2

38. Свойства компон ента сущности проце сса ≡ (Х(Тип1: Типы сущностей процесса) (Тип2: Типы компонентов сущности(Тип1)) (Х(Область

возможных знач е ний: {}(Множ е ства знач е ний и {}Корте жи знач ений)) ((Ном ер шага ^ I[1, Число шагов проц е сса], Сущность ^ Сущности проц е сса(Тип1)(Ном ер шага), Компон е нта компон енты ^ Состав сущностей проце сса(Тип1, Тип2)(Ном ер шага, Сущность)) ^ Область возможных знач ний)))

Термин "Свойства компонента сущности проце сса" обозначает функцию, аргум е нтами которой являются тип сущност е й t1, тип t2, принадл е жащий множеству типов сущностей, которые рассматриваются как компоненты сущностей типа t1, а областью значений - множе ство функций, областью

определения каждой из которых является множество значений или кортежей значений m, а областью значений - множество функций, аргументами каждой из которых являются ном ер шага проце сса, сущность типа tl и сущность типа t2, а р езультатом - элем ент множе ства m 39. Общие свойства процесса, участвующей в нем сущности и ее компонента ≡ (Х(Тип1: Типы сущностей проце сса) (Тип2: Типы компонент

сущности(Тип1)) (^(Область возможных знач ений: {}(Множества

знач ений и {}Корте жи знач е ний)) (I[1, Число шагов проц е сса] и (Ном ер шага ^ I[1, Число шагов проц е сса], Сущность ^ Сущности

проце сса(Тип)(Ном ер шага)) и (Номер шага ^ I[1, Число шагов процесса], Сущность ^ Сущности процесса(Тип1)(Номер шага), Компонента ^ Состав сущностей проце сса(Тип1, Тип2)(Ном ер шага, Сущность проце сса)) ^ Область возможных значений)))

Т рмин "Общи свойства проц сса, го сущности и компон нта" обозначает функцию, аргументами которой являются два типа сущностей t1 и t2, прич м сущности типа t2 являются компон нтами сущност й типа tl, а областью значений - множе ство функций, у каждой из которых область определения есть множество значений или множество кортежей m, а область знач ний - множ ство функций, у каждой из которых либо один аргум нт (ном р шага проц сса), либо два аргум нта (ном р шага проц е сса и сущность типа tl), либо три аргум ента (ном ер шага проц е сса, сущность типа tl и сущность типа t2), а результатом является элемент множе ства m