

**ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ**

УДК 004.424.4

<https://doi.org/10.26907/2541-7746.2025.2.267-281>**Язык представления онтологии Единого цифрового пространства научных знаний****Н.Е. Каленов** ✉, **А.Н. Сотников***Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», г. Москва, Россия*✉ [nekalenov@mail.ru](mailto:nekalenov@mail.ru)**Аннотация**

Предложен язык описания онтологии Единого цифрового пространства научных знаний (ЕЦПНЗ), учитывающий специфику пространства, связанную с высокой динамикой появления новых научных результатов, наличием объектов различных видов с многоуровневыми атрибутами и связями. Язык базируется на принципах, заложенных в основу языка *Ontology WEB Language*, но, в отличие от него, ориентирован на описание многоуровневых атрибутов объектов и именованных связей различной структуры. На основе анализа специфики объектов ЕЦПНЗ осуществлена классификация их атрибутов и связей между ними. Выделено пять типов атрибутов – простые атрибуты первого и второго родов, составные атрибуты первого и второго родов, атрибуты «как связь» и три класса связей – универсальные, квазиуниверсальные и специфические. Каждая связь внутри класса может являться «простой» или составной одного из трех родов. Основой предлагаемого языка являются справочники и словари унифицированной структуры, представленные в нотации JSON. Синтаксис языка базируется на системе уникальных имен, формируемых по фиксированным мнемоническим правилам, позволяющим по структуре имени однозначно определять вид представленного элемента и его связи с конкретным объектом. Использование языка проиллюстрировано примерами.

**Ключевые слова:** пространство научных знаний, связанные данные, онтология, структуризация, атрибуты объектов, формализованный язык

**Благодарности.** Работа выполнена в Отделении суперкомпьютерных систем и параллельных вычислений НИЦ «Курчатовский институт» в рамках государственного задания.

---

**Для цитирования:** Каленов Н.Е., Сотников А.Н. Язык представления онтологии Единого цифрового пространства научных знаний // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Физ.-матем. науки. 2025. Т. 167, кн. 2. С. 267–281. <https://doi.org/10.26907/2541-7746.2025.2.267-281>.

---

**ORIGINAL ARTICLE**

<https://doi.org/10.26907/2541-7746.2025.2.267-281>

## A language for the Common Digital Space of Scientific Knowledge ontology representation

N.E. Kalenov , A.N. Sotnikov

*National Research Center “Kurchatov Institute”, Moscow, Russia*

 *nekalenov@mail.ru*

### Abstract

A language for describing the Common Digital Space of Scientific Knowledge (CDSSK) ontology was proposed. Tailored to the evolving digital knowledge space with its high dynamics in the emergence of new scientific findings and the presence of various types of objects with multilevel attributes and relations, it incorporates the principles of the Ontology WEB Language but focuses on multilevel attributes of objects and named relations of various structures. Based on the analysis of the CDSSK objects, their attributes were classified, as well as the relations between them. Five types of attributes (first- and second-kind simple attributes, first- and second-kind composite attributes, and attributes “as relations”) and three classes of relations (universal, quasi-universal, and specific) were singled out. Within the classes, each relation can be “simple” or composite and falls into one of three distinct kinds. The language uses unified guides and dictionaries in JSON format. Its syntax is built around a system of unique names derived according to fixed mnemonic rules, which uniquely identify the type of the element and its relation to a specific object from the name structure. The language applicability was illustrated with examples.

**Keywords:** space of scientific knowledge, linked data, ontology, structuring, attributes of objects, formal language

**Acknowledgments.** This study was carried out at the Department of Supercomputer Systems and Parallel Computing of the National Research Center “Kurchatov Institute” as part of the state assignment.

---

**For citation:** Kalenov N.E., Sotnikov A.N. A language for the Common Digital Space of Scientific Knowledge ontology representation. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Fiziko-Matematicheskie Nauki*, 2025, vol. 167, no. 2, pp. 267–281.

<https://doi.org/10.26907/2541-7746.2025.2.267-281>. (In Russian)

---

## Введение

Понятие «Единое цифровое пространство научных знаний» (ЕЦПНЗ) было введено в 2019 году [1] как конкретизация понятий «Единое информационное пространство России» [2] и «Единое российское электронное пространство знаний» [3], декларированных ранее во многих документах. Создание ЕЦПНЗ направлено на поддержку научных и образовательных процессов, популяризацию науки, обеспечение сохранности и доступности отечественного научного наследия [4].

ЕЦПНЗ является интегратором существующих научных информационных систем и представляет собой современную цифровую среду, включающую структурированную взаимосвязанную многоаспектную достоверную (проверенную временем) информацию о «сущностях» различного вида, связанных с научными знаниями. В качестве этих сущностей выступают ученые, научные факты и отражающие их публикации, музейные и архивные предметы, базы данных, научные мероприятия и т. д. Для отражения в ЕЦПНЗ той или иной сущности определяется набор ее характеристик и связей с другими сущностями, отвечающий задачам, решаемым на базе пространства. Общие вопросы, связанные с принципами построения и архитектурой ЕЦПНЗ, отражены в [5, 6]. Специфика науки обуславливает особенности ЕЦПНЗ, отличающие его от других информационных ресурсов. Научные знания наращиваются постоянно, и этот процесс бесконечен во времени. ЕЦПНЗ должно отражать состояние научных знаний, соответствующее «текущему моменту». Это требует постоянного развития контента ЕЦПНЗ не только в части отражения новых конкретных сущностей с установленным набором характеристик (что присуще всем научным информационным системам), но и в части появления новых групп сущностей с новыми наборами характеристик и видами связей между ними. Кроме того, объединяя информацию из различных источников научных знаний, ЕЦПНЗ должно обеспечивать совместную обработку данных, отражаемых в них. При этом необходимо учитывать, что значения таких атрибутов как количественные или временные характеристики, температура и т. п. могут быть представлены в различных единицах. Это накладывает дополнительные ограничения на структуру данных ЕЦПНЗ и алгоритмы их обработки.

Реализация проекта создания ЕЦПНЗ требует разработки унифицированного алгоритмического аппарата и реализующих его программных средств, обеспечивающих возможность формирования и развитие контента пространства, независимо от тематики и видов сущностей, отражаемых в нем. Исследования в этом направлении ведутся в Межведомственном суперкомпьютерном центре РАН (ныне Отделение суперкомпьютерных систем и параллельных вычислений НИЦ «Курчатовский институт»), начиная с 2022 года, и отдельные их результаты опубликованы в ряде научных журналов [7–9]. В частности, в [7] предложены и обоснованы общие подходы к проектированию ЕЦПНЗ, базирующиеся на принципах семантического веба. При этом показано, что особенности ЕЦПНЗ, связанные с высокой динамикой появления новых научных результатов, наличием сложных связей между объектами и многоуровневых атрибутов объектов и связей, не позволяют эффективно использовать в явном виде существующие языки представления онтологий, такие как OWL [10], SWRL [11] и SKOS [12]. На ограниченность возможностей этих языков и проблемы с их применением для создания политематических иерархических информационных систем указывали еще десять лет назад ученые из Новосибирска [13]. Однако развитие онтологического подхода за это время происходило исключительно в области наращивания номенклатуры стандартизированных элементов [14] и применения для отдельных отраслей науки и техники [15–17].

В работах [8, 9] предложена структура онтологии ЕЦПНЗ и описан реализованный модельный программный комплекс, обеспечивающий диалоговое формирование ее элементов.

Материалы, представленные ниже, являются обобщением и развитием опубликованных ранее результатов. Для описания элементов ЕЦПНЗ предложен формализованный язык, базирующийся на принципах OWL [10], синтаксисе JSON [18] и являющийся развитием подходов, реализованных в JSON Schema [19].

Переходя к описанию предлагаемого языка, рассмотрим ряд основных понятий, связанных с реализацией ЕЦПНЗ.

## 1. Элементы ЕЦПНЗ

Основным элементом ЕЦПНЗ является объект, представляющий собой совокупность данных, отражающих определенную сущность. Объект характеризуется набором атрибутов, каждый из которых для данного объекта может принимать одно или несколько значений или не иметь значений совсем.

Соответственно, атрибуты априори декларируются как обязательные или факультативные и как уникальные или множественные. Набор атрибутов каждого объекта определяется, исходя из роли объекта в ЕЦПНЗ. Обязательным атрибутом всех объектов является наименование (фамилия или имя для персон).

Объекты, характеризуемые одинаковыми наборами атрибутов, объединяются в классы. Классы объектов подразделяются на предметные и вспомогательные. Предметные классы отражают такие «материальные сущности», как персоны, публикации, музейные предметы и т. п., результаты научной деятельности – постулаты, теоремы, научные открытия и т. п., а также события, связанные с наукой. Вспомогательные классы включают объекты, необходимые для обработки данных в среде семантического веба. Они включают такие объекты, как единицы измерения, временные характеристики, форматы данных и т. п. Как предметные, так и вспомогательные классы объектов могут создаваться по мере необходимости. Каждый класс входит в одно из подпространств (ПП) ЕЦПНЗ. Предметные классы объектов, относящихся к одному научному направлению, объединяются в тематические ПП. Вспомогательные классы, а также предметные классы объектов мультидисциплинарного характера образуют универсальное ПП.

Объекты ЕЦПНЗ или значения их атрибутов могут быть попарно связаны различными связями. Каждая связь относится к одному из классов связей, входящих в ПП (см. ниже).

Единство пространства определяется общим языком представления онтологии различных его элементов и унифицированными алгоритмами реализации процессов наполнения и обработки его контента.

Каждый элемент ЕЦПНЗ (подпространство, класс, объект, атрибут, значение атрибута, связь, значение связи) имеет свой уникальный идентификатор URN (Unified Resource Name), однозначно определяющий конкретный элемент в пространстве. URN представляет собой буквенно-цифровое выражение, факультативно содержащее точку и нижнее подчеркивание, и имеет унифицированную структуру для каждого вида элементов.

URN подпространства состоит из двух буквенно-цифровых символов, URN класса объектов – из четырех, первые два из которых совпадают с URN подпространства, к которому относится класс.

URN объекта состоит из URN класса и отделенного от него точкой целого числа – порядкового номера объекта в данном классе.

URN атрибута объекта состоит из латинской буквы A, URN объекта, следующего за ней после символа «нижнее подчеркивание», и через точку порядкового номера атрибута объектов данного класса.

URN значения атрибута состоит из латинской буквы N, URN атрибута, следующего за ней после символа «нижнее подчеркивание», и через точку порядкового номера значения данного атрибута.

Аналогично строятся URN связей.

Перечень и форматы представления элементов ЕЦПНЗ, связей между ними и их значениями содержатся в соответствующих справочниках. Структура справочников является унифицированной для элементов определенного вида и определяется справочником ЕЦПНЗ (см. ниже).

Значения атрибутов объектов и связей представляются в виде элементов словарей, каждый из которых суть кортеж размерности 2, записанный в нотации JSON [19].

В качестве значения атрибута объекта или связи могут выступать любой текст, число, дата или URN другого значения.

Выделены два типа словарей значений атрибутов – статический и динамический. Статические словари содержат «стандартные» значения элементов (например, названия ученых степеней, рубрики классификационных систем, наименования единиц измерения и т. п.), формируются в основном однократно и дополняются в исключительных случаях пользователями, имеющими специальный статус. Динамические словари наполняются по мере формирования контента пространства. В них хранятся наименования конкретных объектов и их свойства.

Полная информация об объектах ЕЦПНЗ отражается в «словаре объектов», каждый элемент которого представлен в виде записи в структуре JSON, содержащей перечень URN значений атрибутов и связей, относящихся к данному объекту.

Таким образом, совокупность справочников и словарей содержит полную структурированную информацию об объектах ЕЦПНЗ и их связях.

Структура всех типов справочников и словарей приведена в разделе 4.

## 2. Классификация атрибутов объектов

Атрибуты объектов подразделяются на следующие виды в зависимости от структуры их значений.

**Простые атрибуты первого рода.** Их значения являются литералами любого вида (текст, число, формула, URL и т. п.) и хранятся в словарях, непосредственно связанных с данным классом объектов. К простым атрибутам относятся, например, фамилия персоны, название и текст аннотации книги, ученая степень персоны и т. п.

**Простые атрибуты второго рода.** Их значения представлены значениями атрибутов объектов других классов. Примерами таких атрибутов являются дата, относящаяся к тому или иному событию (представляется значением атрибута объекта класса «Временные характеристики» универсального ПП), место рождения персоны или город как элемент адреса (может быть представлен значением атрибута объекта класса «Административные единицы» ПП «География»).

**Составной атрибут первого рода.** Значение атрибута представляет собой несколько связанных литералов, являющихся значениями атрибутов объектов одного из вспомогательных классов. Примером может служить любой атрибут, значение которого представлено числом и единицей измерения. Это могут быть размеры объекта или величина его скорости (конкретная пара которых представлена объектом вспомогательного класса «Количественные характеристики»), длительность того или иного периода или процесса (значение представлено объектом вспомогательного класса «Временные характеристики»).

**Составной атрибут второго рода.** Значение атрибута представляет собой иерархическую цепочку значений различных характеристик, относящихся к объектам разных классов. Примеры – численность населения административных единиц, приведенная за определенный год, расход воды в водопаде в определенное время года и т. п.

**Атрибут как связь.** Этот вид атрибутов используется в случаях, когда в интерфейсе ввода удобнее запрашивать не формирование связи, а атрибут, фактически представляющий собой связь определенного класса. Пример – ввод данных об авторе, оппонентах, научных руководителях диссертаций. В онтологии они отражаются как значения связи диссертации с персонами, но в интерфейсе ввода их целесообразнее определять как атрибуты данной диссертации. Введение такого вида атрибутов позволяет исключить дублирование и существенно сократить объем диалога при вводе данных.

### 3. Классификация связей

Существенным отличием онтологии ЕЦПНЗ от онтологий, описываемых с помощью OWL и RDFS [20], является введение нескольких классов и типов связей между объектами или их атрибутами. Подпространство связей ЕЦПНЗ включает три класса [9]:

- универсальная связь,
- квазиуниверсальная связь,
- специфическая связь.

Каждая конкретная связь может являться «простой» или составной одного из трех родов.

Простые связи представляют собой аналоги триплетов RDF [20] и содержат указания на «субъект» и «объект» связи.

Составные связи первого рода содержат дополнительно к указаниям «субъекта» и «объекта» значение атрибута связи, приведенное в соответствующих словарях, определяемых справочником атрибутов связи. Примеры: специфическая связь персоны с научным открытием или публикацией (роль в создании), квазиуниверсальная связь научного результата с классификационной системой и т. п.

Составные связи следующих родов предусматривают иерархию значений атрибутов связи. При этом возможны два варианта – атрибуты более низкого уровня относятся ко всем значениям атрибутов предыдущего уровня (составная связь второго рода) и каждый атрибут верхнего уровня имеет свои атрибуты следующего уровня (составная связь третьего рода). Пример первого варианта: связь описывает работу сотрудника в данной организации и указывает на должность и даты начала и окончания работы в этой должности. Пример второго варианта: связь описывает роль данной персоны в данной организации, и в зависимости от этой роли выбираются атрибуты значения связи.

Информация о типах конкретных атрибутов и связей содержится в их справочниках в виде URN объекта класса «Форматы».

#### 4. Структура справочников и словарей элементов ЕЦПНЗ

Структура справочников и словарей элементов ЕЦПНЗ каждого вида представлена в файле CDSSK.json в виде массива данных, каждый из которых включает ключ вида CDSSK. $i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ), где  $n$  – число справочников и словарей различной структуры, тип справочника или словаря с ключом «type», имя файла (или алгоритм его формирования), содержащего конкретные справочники элементов данного вида с ключом «GuideName», алгоритм формирования имен словарей с ключом «Dicname», описание структуры справочника или словаря с ключом «ref», пример соответствующего справочника или словаря с ключом «example».

В настоящее время в процессе моделирования различных составляющих ЕЦПНЗ выделено десять типов справочников. По мере развития ЕЦПНЗ может появиться необходимость добавления нового типа атрибута или связи со своей структурой. Для включения в онтологию пространства этой структуры необходимо будет сформировать ее справочник и добавить информацию о нем в файл CDSSK с ключом CDSSK. $n + 1$ .

Ниже приведены сформированные в настоящее время элементы справочника CDSSK.

```
{“CDSSK.1”: [{“type”: “справочник подпространств”, “guidename”: “Subs”,
```

```
“ref”: “Справочник подпространства представляет собой кортеж размерности 3 с элементами:
```

- Title – наименование подпространства;
- PrefSp – идентификатор (два символа);
- Descr – описание (пояснительный текст).

Справочники подпространств размещаются в JSON-файле “SUBS” в виде массивов с ключами SUBS.1, SUBS.2, ..., SUBS. $n$ ,

```
“example”: [{“SUBS.1”: [{“Title”: “Универсальное ПП”, “PrefSp”: “UN”, “Descr”: “подпространство, включающее классы объектов, не связанные непосредственно с конкретной научной тематикой, в том числе универсальные справочные данные и другие вспомогательные классы.”}]}]}].
```

```
{“CDSSK.2”: [{“type”: “справочник классов”,
```

```
“guidename”: “Class”,
```

```
“ref”: “Справочник класса представляет собой кортеж размерности 4 с элементами:
```

- Title – наименование класса;
- PrefCl – четырехсимвольный идентификатор класса, первые два символа которого совпадают с префиксом ПП, к которому относится класс, а вторые два – префикс класса – произвольные буквенно-цифровые символы, идентифицирующие класс данного вида в ЕЦПНЗ; например, класс публикации может быть определен как для универсального ПП, так и для различных тематических ПП с одним и тем же префиксом «PB». В первом случае он будет иметь идентификатор UNPB, в ПП «География» с префиксом «39» – «39PB», в ПП «Информатика» с префиксом «20» – «20 PB» и т. д.

- GuideURN – идентификатор (URN) справочника атрибутов объектов данного класса;

- Descr – описание (пояснительный текст).

Справочники классов, принадлежащих к ПП с идентификатором  $ij$  размещаются в JSON-файле “Classij” (в виде массивов с ключами Classij.1, Classij.2, ..., Classij. $n$ ),

“example”: [{"ClassUN.1": [{"Title": “единицы измерения”, “PrefCl”: “UNMU”, “GuideURN”: “A\_UNMU”, “Descr”: “объектами класса являются стандартные единицы измерения различных физических величин – их полные и сокращенные обозначения, предметы измерения, описания”}]}]}].

{“CDSSK.3”: [{"type”: “справочник атрибутов объектов”,  
“guidename”: “URN справочника атрибутов данного класса, формируется в форме A\_префикс класса”,  
“ref”: “Справочник атрибутов объектов представляет собой кортеж размерности 4 с элементами:

- Name – наименование атрибута;
- Format – формат представления значений атрибута (URN соответствующего элемента словаря объектов класса «Форматы данных»);
- DicURN – URN словаря значений данного атрибута;
- DicType – тип словаря значений атрибута (S – статический, D – динамический).

В зависимости от формата данного атрибута URN словаря значений может указывать на словарь значений атрибутов объектов (для простых атрибутов), на словарь объектов (для составных атрибутов) или на словарь связей (для атрибутов типа «связь»).

Справочники атрибутов объектов класса, имеющего префикс «URNa» размещаются в JSON-файле “A\_URNa” в виде массивов с ключами A\_URNa.1, A\_URNa.2, ..., A\_URNa.k”, где  $k$  – количество различных атрибутов объектов данного класса”,

“example”: [{"A\_UNMU.1": [{"Name”: “наименование единицы измерения”, “Format”: “UNFT.i” // данный объект класса «форматы», указывает, что атрибут текстовый, обязательный, уникальный, “DicURN”: “N\_A\_UNMU.1”, “DicType”: “S”}]}]}].

{“CDSSK.4”: [{"type”: “справочник универсальных связей”,  
“guidename”: “REUN”,  
“ref”: “Справочник универсальной связи представляет собой кортеж размерности 4 с элементами:

- Name – наименование связи;
- Format – URN объекта класса «Форматы», определяющего данную связь;
- GuideURN – URN справочника атрибутов связи (для составной связи);
- Descr – описание связи.

Справочники универсальных связей размещаются в JSON-файле “REUN” в виде массивов с ключами REUN.1, REUN.2, ..., REUN.p, где  $p$  – количество различных универсальных связей в ЕЦПНЗ”,

“example”: [{"REUN.2": [{"Name”: “является частью, входит в состав”, “Format”: “UNFT.j” // простая связь, “Descr”: “связь используется в случаях, когда один объект входит в состав другого объекта, без указания даты и типа вхождения, например, соотношение индексов классификационных систем, вхождение статьи в сборник и т.п.”}]}], [{"REUN.3”: [{"Name”: “временно является частью”, “Format”: “UNFT.k” // составная связь первого рода, “GuideURN”: “A\_REUN.3”, “Descr”: “связь используется в случаях, когда один объект временно входил в состав другого объекта, с указанием дат вхождения”}]}]}].

```
{“CDSSK.5”: {“type”: “справочник квазиуниверсальных связей”,
“guidename”: “REQU”,
```

“ref”: “Справочник квазиуниверсальной связи представляет собой кортеж размерности 5 с элементами:

- Name – наименование связи;
- Format – URN объекта класса «Форматы», определяющего данную связь;
- OBJURN – URN класса, выступающего в роли «объекта» связи;
- GuideURN – URN справочника атрибутов связи (для составной связи);
- Descr – описание связи.

Справочники квазиуниверсальных связей размещаются в JSON-файле “REQU” в виде массивов с ключами *REQU.1*, *REQU.2*, ..., *REQU.r*, где *r* – количество различных квазиуниверсальных связей в ЕЦПНЗ”,

```
“example”: [{“REQU.1”: {“Name”: “классификационный индекс объекта”, “Format”:
“UNFT.k” // простая квазиуниверсальная связь, “OBJURN”: “UNTZ” // URN класса «Тезаурусы», “Descr”: “связь указывает на индекс определенной классификационной системы, представляющий собой объект класса «тезаурусы»}}]}].
```

```
{“CDSSK.6”: {“type”: “справочник специфических связей”,
“guidename”: “RESP”,
```

“ref”: “Справочник специфической связи представляет собой кортеж размерности 6 с элементами:

- Name – наименование связи;
- Format – URN объекта класса «Форматы», определяющего данную связь;
- SBJURN – URN класса, выступающего в роли «субъекта» связи (для классов конкретного ПП указывается полный четырехсимвольный URN; если «субъектом» связи могут быть объекты одинаковых классов, но входящих в разные ПП, то в качестве URN «субъекта» указываются четыре символа, первые их которых суть \*\*, а последние – префикс класса;

- OBJURN – URN класса, выступающего в роли «объекта» связи (для обозначения возможности использования в связи одинаковых классов, принадлежащих к разным ПП, используется то же обозначение, что и для «субъекта» связи);

- GuideURN – URN справочника атрибутов связи (для составной связи);
- Descr – описание связи.

Справочники специфических связей размещаются в JSON-файле “RESP” в виде массивов с ключами *RESP.1*, *RESP.2*, ..., *RESP.s*, где *s* – количество различных специфических связей в ЕЦПНЗ”,

```
“example”: [{“RESP.1”: {“Name”: “связь публикации с персоной”, “Format”: “UNFT.m” //
составная специфическая связь первого рода, “SBJURN”: “**PB”, “OSBJURN”: “**PS” //
PB и PS префиксы классов публикации и персоны соответственно, “GuideURN”:
“A_RESP.1”, “Descr”: “связь указывает на роль персоны к подготовке публикации”}}]}].
```

```
{“CDSSK.7”: {“type”: “справочник атрибутов связей”,
```

“GuideName”: “URN справочника формируется в виде *A\_URNr*, где *URNr* – идентификатор данной связи; для составных многоуровневых связей URN справочника атрибутов *k*-го уровня (*URNk*) формируется в виде *A\_N\_URNk-1.n*, где *URNk-1* – идентификатор справочника атрибутов предыдущего уровня, а *N\_URNk-1* – URN словаря значений атрибута этого справочника под номером *n*”,

“ref”: “Справочник атрибутов связей представляет собой кортеж размерности 6 с элементами:

- Name – наименование атрибута;
- Format – URN объекта класса «Форматы», определяющего тип данного атрибута и вид представления его значений;
- DicURN – URN словаря значений данного атрибута;
- DicType – тип словаря значений атрибута (S – статический, D – динамический);
- Levels – максимальное количество уровней вложения значений данного атрибута (для простых атрибутов указывается «0»);
- Descr – описание атрибута.

Справочники атрибутов связей размещаются в JSON-файлах с именами, аналогичными по структуре справочникам атрибутов объектов”,

“example”: [{"A\_RESP.1": [{"A\_RESP.1.1": {"Name": “роль персоны в создании произведения”, “Format”: “UNFT.n” // простой текстовый атрибут, “DicURN”: “N\_A\_RESP.1.1”: “DicType”: “S”, “Levels”: “0”, “Descr”: “указываются такие персоны, как автор, составитель, переводчик, художник”}}, {"A\_RESP.1.2": {"Name”: “роль персоны в воплощении произведения”, “Format”: “UNFT.n” // простой текстовый атрибут, “DicURN”: “N\_A\_RESP.1.2”: “DicType”: “S”, “Levels”: “0”, “Descr”: “указываются персоны, связанные с данным воплощением произведения, такие как редактор, спонсор, автор предисловия и т. п.”}}]}]}].

{“CDSSK.8”: [{"type”: “словарь значений атрибутов объектов и связей”,

“DicName”: “URN словаря формируется в виде N\_URNa, где URNa – идентификатор данного атрибута; для составных атрибутов URN словаря значений атрибута уровня  $n$  (URN $n$ ) формируется в виде N\_A\_URN $n-1$ , где URN $n-1$  – идентификатор словаря значений атрибутов предыдущего уровня”,

“ref”: “Элемент словаря значений атрибутов представляет собой кортеж размерности 2 с элементами «ключ»: «значение». В качестве ключа выступает DicName словаря с отделенным от него точкой порядковым номером элемента. В качестве «значения» может выступать литерал, URN элемента словаря другого атрибута, URN элемента словаря вспомогательного объекта или URN элемента словаря одной из связей. Вид значений каждого словаря определяется элементом «Format», указанным в справочнике данного атрибута”,

“example”: [{"N\_A\_UNMU”: [{"N\_A\_UNMU.1”: [{"N\_A\_UNMU.1.1”: “метр”, “N\_A\_UNMU.1.2”: “секунда”, “N\_A\_UNMU.1.3”: “килограмм” // далее могут идти наименования других величин}], [{"N\_A\_UNMU.2”: [{"N\_A\_UNMU.2.1”: “м.”, “N\_A\_UNMU.2.2”: “с.”, “N\_A\_UNMU.2.3”: “кг” // далее могут идти сокращенные наименования других величин}}]}]}],

“example”: [{"N\_A\_RESP.1”: [{"N\_A\_RESP.1.1”: [{"N\_A\_RESP.1.1.1”: “автор”, “N\_A\_RESP.1.1.2”: “составитель”, “N\_A\_RESP.1.1.3”: “художник”}], [{"N\_A\_RESP.1.2”: [{"N\_A\_RESP.1.2.1”: “редактор”, “N\_A\_RESP.1.2.2”: “автор предисловия”, “N\_A\_RESP.1.2.3”: “переводчик”}}]}]}]}].

{“CDSSK.9”: [{"type”: “словарь связей”,

“DicName”: “URN словаря связи формируется в виде D\_URN $r$ , где URN $r$  – идентификатор связи (значение ключа в ее справочнике, состоящее из префикса класса связи и через точку ее порядкового номера)”,

“ref”: “Словарь связи представляет собой кортеж размерности 2, записываемый в нотации JSON, с элементами «ключ»: «значение». В качестве ключа выступает URN данной связи с отделенным от него точкой порядковым номером конкретной связи.

Значения простой связи записываются в виде:

SBJURN.*i*; OBJURN.*j*,

где SBJURN.*i* и OBJURN.*j* – идентификаторы «субъекта» и «объекта» конкретной связи.

Значения составной связи первого рода записываются в виде:

SBJURN.*i*; OBJURN.*j* = URN*ijk*,

где URN*ijk* – идентификатор значения атрибута связи, относящегося к данной паре элементов (если связь принимает несколько значений, элемент словаря связи повторяется необходимое число раз с соответствующими значениями).

Значения составных связей второго и третьего родов записываются в виде иерархических цепочек идентификаторов соответствующих значений атрибутов связи, при этом уровни иерархии отделяются знаком «=»:

SBJURN.*i*; OBJURN.*j* = URN*ijk* = URN*ijkl* ... .

Вид значений конкретного словаря связи определяется элементом «Format», указанным в справочнике данной связи”,

“example”: [{"RESP.1.1": “39PB.2; UNPS.4=N\_A\_RESP.1.1.1”, “RESP.1.2”: “39PB.2; UNPS.4=N\_A\_RESP.1.1.1”,

“RESP.1.3”: “39PB.2; 39PS.8=N\_A\_RESP.1.2.1” // связь говорит о том, что автором и художником публикации под номером 2, отраженной в ПП «География», является персона, отраженная в универсальном ПП под номером 4, а редактором публикации является персона, отраженная в ПП «География» под номером 8}}]}

{“CDSSK.10”: [{"type”: “словарь объектов”,

“DicName”: “Каждому классу объектов соответствует словарь (JSON-файл) с именем D\_URNc, где URNc – идентификатор данного класса”,

“ref”: “Элемент словаря, представляющий собой пару «ключ – значение» в нотации JSON, содержит всю информацию, относящуюся к конкретному объекту данного класса. В качестве ключа выступает URNc с отделенным от него точкой порядковым номером объекта; в качестве «значения» – последовательность URN значений атрибутов объекта и URN значений связей, в которых участвует объект; элементы последовательности отделяются точкой с запятой”,

“example”: {“UNPS.4”: “N\_A\_UNPS.1.3; N\_A\_UNPS.2.5; N\_A\_UNPS.3.5; N\_A\_UNPS.6.8; RESP.1.1; RESP.1.2” // в этом примере содержится информация о фамилии, имени и отчестве персоны, имеющей идентификатор UNPS.4, представленная в соответствующих словарях (первые три элемента «значения»), и указание на связи данной персоны с публикацией (четвертый и пятый элементы); обращение к элементам связи позволяет определить, что персона является автором и художником данной публикации}}]}

## Заключение

Предлагаемый язык представления онтологии ЕЦПНЗ позволяет унифицировать алгоритмы ввода и обработки разнородных объектов, связанных различными именованными связями, добавлять новые классы объектов с новыми типами атрибутов и связей, в том числе иерархических, что характерно для отражения постоянно развивающихся научных знаний. Как указано выше, в процессе исследований, связанных с формированием

ЕЦПНЗ и моделированием его отдельных составляющих, была разработана версия диалогового программного комплекса, реализующего элементы предложенного языка в части формирования справочников всех элементов [9]. Программный комплекс был успешно использован при интеграции в ЕЦПНЗ коллекции Государственного биологического музея им. К.Э. Тимирязева [21], состоящей из более чем двухсот муляжей различных видов грибов в имитации природной обстановки.

Модель, реализованная на этом примере, включает атрибуты грибов как биологических объектов со ссылками на их описания в энциклопедиях, атрибуты коллекции как музейного объекта, атрибуты музея как организации, атрибуты персон, связанных с формированием коллекции, а также 3D-модели муляжей как объектов класса «мультимедиа», связи различного рода между объектами. В настоящее время ведется разработка универсального программного комплекса, обеспечивающего диалоговое формирование контента ЕЦПНЗ.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflicts of Interest.** The authors declare no conflicts of interest.

### Литература

1. Антопольский А.Б., Каленов Н.Е., Серебряков В.А., Сотников А.Н. О едином цифровом пространстве научных знаний // Вестн. РАН. 2019. Т. 89, № 7. С. 728–735. <https://doi.org/10.31857/S0869-5873897728-735>.
2. Васильева М.М. Формирование единого информационного пространства России в условиях глобализации // Вестн. МГЛУ. 2013. № 24. С. 92–104.
3. Вершинин А.П. Единое российское электронное пространство знаний: вопросы права // Унив. кн. 2016. № 10. С. 31–33.
4. Савин Г.И. Единое цифровое пространство научных знаний: цели и задачи // ИРР. 2020. № 5. С. 3–5. <https://doi.org/10.51218/0204-3653-2020-5-3-5>.
5. Каленов Н.Е., Серебряков В.А. Об онтологии Единого цифрового пространства научных знаний // ИРР. 2020. № 5. С. 10–12. <https://doi.org/10.51218/0204-3653-2020-5-10-12>.
6. Каленов Н.Е., Сотников А.Н. Архитектура Единого цифрового пространства научных знаний // ИРР. 2020. № 5. С. 5–8. <https://doi.org/10.51218/0204-3653-2020-5-5-8>.
7. Каленов Н.Е., Сотников А.Н. Единое цифровое пространство научных знаний как интегратор политематических информационных ресурсов // Докл. РАН. Матем., информ., проц. управл. 2024. Т. 515, № 1. С. 114–123. <https://doi.org/10.31857/S2686954324010177>.
8. Kalenov N.E., Sobolevskaya I.N., Sotnikov A.N. Common Digital Space of Scientific Knowledge ontology structurization // Lobachevskii J. Math. 2023. V. 44, No 7. P. 2738–2748. <https://doi.org/10.1134/S1995080223070235>.
9. Власова С.А., Каленов Н.Е. Диалоговый программный комплекс формирования онтологии Единого цифрового пространства научных знаний // Прогр. прод. и сист. 2024. Т. 37, № 4. С. 514–523. <https://doi.org/10.15827/0236-235X.148.514-523>.
10. Web Ontology Language (OWL). URL: <https://www.w3.org/OWL/> (дата обращения: 13.05.2025).

11. SWRL: A Semantic Web Rule Language Combining OWL and RuleML.  
URL: <https://www.w3.org/Submission/SWRL/> (дата обращения: 13.05.2025).
12. SKOS: Simple Knowledge Organization System.  
URL: <https://www.w3.org/TR/skos-reference/> (дата обращения: 13.05.2025).
13. Марчук А.Г., Марчук П.А. Базовая онтология неспецифических сущностей BONE и ее использование для построения информационных систем // Вестн. СибГУТИ. 2014. Т. 28, № 4. С. 118–128.
14. Концептуальная эталонная модель CIDOC CRM. Пер. с англ. А.Б. Антопольского, Д.Ю. Гукка. М.: ИНИОН, 2024. 398 с.
15. Муртазин Т.М., Назаров Т.Т. Онтологии и семантические технологии при разработке систем диагностики неисправностей оборудования технологических производств // Автомат. проц. управл. 2024. Т. 76, № 2. С. 66–74.
16. Шишеников М.А., Чужинин Е.С. Онтологическое описание автоматизированных систем управления технологическим процессом // Автомат. и информ. ТЭК. 2025. Т. 618, № 1. С. 15–24.
17. Напольских Д.Л. Представление экономической концепции кластера с помощью специализированной онтологии // Прогр. прод. и сист. 2024. Т. 37, № 2. С. 155–163.
18. Introducing JSON. URL: <https://www.json.org/json-en.html> (дата обращения: 13.05.2025).
19. JSON Schema. URL: <https://ajv.js.org/json-schema.html> (дата обращения: 13.05.2025).
20. W3C Working Draft 24 February 2025. RDF 1.2 Schema.  
URL: <https://www.w3.org/TR/rdf12-schema/> (дата обращения: 13.05.2025).
21. Власова С.А., Каленов Н.Е., Кириллов С.А., Соболевская И.Н., Сотников А.Н. Естественно-научные коллекции как элемент Единого Цифрового Пространства Научных Знаний // Науч. сервис в сети Интернет: тр. XXVI Всероссийск. науч. конф. М.: ИПМ им. М.В. Келдыша, 2024. С. 39–49. <https://doi.org/10.20948/abrau-2024-13>.

## References

1. Antopolskii A.B., Kalenov N.E., Serebryakov V.A., Sotnikov A.N. Common digital space of scientific knowledge. *Vestn. Ross. Akad. Nauk*, 2019, vol. 89, no. 7, pp. 728–735. <https://doi.org/10.31857/S0869-5873897728-735>. (In Russian)
2. Vasil'eva M.M. The development of a common information space in Russia amid globalization. *Vestn. MGLU*, 2013, no. 24, pp. 92–104. (In Russian)
3. Vershinin A.P. Russia's common digital space of knowledge: Legal issues. *Univ. Kn.*, 2016, no. 10, pp. 31–33. (In Russian)
4. Savin G.I. Common Digital Space of Scientific Knowledge: Aims and tasks. *Inf. Resur. Ross.*, 2020, no. 5, pp. 3–5. <https://doi.org/10.51218/0204-3653-2020-5-3-5>. (In Russian)
5. Kalenov N.E., Serebryakov V.A. Ontology of the common digital space of scientific knowledge. *Inf. Resur. Ross.*, 2020, no. 5, pp. 10–12. <https://doi.org/10.51218/0204-3653-2020-5-10-12>. (In Russian)

6. Kalenov N.E., Sotnikov A.N. The architecture of the Common Digital Space of Scientific Knowledge. *Inf. Resur. Ross.*, 2020, no. 5, pp. 5–8.  
<https://doi.org/10.51218/0204-3653-2020-5-5-8>. (In Russian)
7. Kalenov N.E., Sotnikov A.N. Common Digital Space of Scientific Knowledge as an integrator of polythematic information resources. *Dokl. Math.*, 2024, vol. 109, no. 1, pp. 93–99.  
<https://doi.org/10.1134/S106456242470176X>.
8. Kalenov N.E., Sobolevskaya I.N., Sotnikov A.N. Common Digital Space of Scientific Knowledge ontology structurization. *Lobachevskii J. Math.*, 2023, vol. 44, no. 7, pp. 2738–2748.  
<https://doi.org/10.1134/S1995080223070235>.
9. Vlasova S.A., Kalenov N.E. Dialogue software complex for forming Common Digital Space of Scientific Knowledge ontology. *Program. Prod. Sist.*, 2024, vol. 37, no. 4, pp. 514–523.  
<https://doi.org/10.15827/0236-235X.148.514-523>. (In Russian)
10. Web Ontology Language (OWL). URL: <https://www.w3.org/OWL/>.
11. SWRL: A Semantic Web Rule Language Combining OWL and RuleML.  
URL: <https://www.w3.org/Submission/SWRL/>.
12. SKOS: Simple Knowledge Organization System. URL: <https://www.w3.org/TR/skos-reference/>.
13. Marchuk A.G., Marchuk P.A. Basic ontology of non-specific entities (BONE) and its use for building information systems. *Vestn. SibGUTI*, 2014, vol. 28, no. 4, pp. 118–128. (In Russian)
14. *Kontseptual'naya etalonnaya model' CIDOC CRM* [Definition of the CIDOC Conceptual Reference Model]. Antopolskii A.B., Guk D.Yu. (Trans.). Moscow, INION, 2024. 398 p. (In Russian)
15. Murtazin T.M., Nazarov T.T. Ontologies and semantic technologies in the development of fault diagnosis for industrial process equipment. *Avtom. Protsessy Upr.*, 2024, vol. 76, no. 2, pp. 66–74. (In Russian)
16. Shishenkov M.A., Chuzhinov E.S. Ontology-based description for automated process control systems. *Avtom. Inf. TEK*, 2025, vol. 618, no. 1, pp. 15–24. (In Russian)
17. Napol'skikh D.L. Developing a specialized ontology to represent the economic concept of a cluster. *Program. Prod. Sist.*, 2024, vol. 37, no. 2, pp. 155–163. (In Russian)
18. Introducing JSON. URL: <https://www.json.org/json-en.html>.
19. JSON Schema. URL: <https://ajv.js.org/json-schema.html>.
20. W3C Working Draft 24 February 2025. RDF 1.2 Schema.  
URL: <https://www.w3.org/TR/rdf12-schema/>.
21. Vlasova S.A., Kalenov N.E., Kirillov S.A., Sobolevskaya I.N., Sotnikov A.N. Natural science collections as an element of the Common Digital Space of Scientific Knowledge. *Nauch. servis v seti Internet: tr. XXVI Vserossiisk. nauch. konf.* [Scientific Services & Internet: Proc. XXVI All-Russ. Sci. Conf.]. Moscow, IPM im. M.V. Keldysha, 2024, pp. 39–49.  
<https://doi.org/10.20948/abrau-2024-13>. (In Russian)

### Информация об авторах

**Николай Евгеньевич Каленов**, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»

E-mail: [nekalenov@mail.ru](mailto:nekalenov@mail.ru)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5269-0988>

**Александр Николаевич Сотников**, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник, Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»

E-mail: [asotnikov@jssc.ru](mailto:asotnikov@jssc.ru)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0137-1255>

### Author Information

**Nikolay E. Kalenov**, Dr. Sci. (Engineering), Full Professor, Chief Researcher, National Research Center “Kurchatov Institute”

E-mail: [nekalenov@mail.ru](mailto:nekalenov@mail.ru)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5269-0988>

**Alexander N. Sotnikov**, Dr. Sci. (Physics and Mathematics), Full Professor, Chief Researcher, National Research Center “Kurchatov Institute”

E-mail: [asotnikov@jssc.ru](mailto:asotnikov@jssc.ru)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0137-1255>

Поступила в редакцию 2.04.2025

Принята к публикации 3.06.2025

Received April 2, 2025

Accepted June 3, 2025