

УДК 681.324.06:622.24.051

**А. А. Лебедева, Е. П. Поладко, Р. К. Богданов, К. З. Гордашник,  
Е. М. Чистяков**, кандидаты техн. наук; **Т. А. Сороченко**

*Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев*

## **ОНТОЛОГО-ТЕЗАУРУСНЫЙ АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИИ В ОБЛАСТИ БУРОВОГО ИНСТРУМЕНТА ИЗ СВЕРХТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*В статье приведены результаты онтолого-тезаурусного анализа информации в области бурового инструмента из сверхтвердых материалов. Предметная область «Буровой инструмент», являющаяся частью многоуровневой предметной области «Сверхтвердые материалы», структурирована и представлена в виде системы взаимосвязанных понятий. Проведенный онтолого-тезаурусный анализ позволит расширить специализированный электронный тезаурус «Сверхтвердые материалы», а также программно реализовать методику интеллектуального анализа информации для решения задач классификации и прогнозирования в области создания и применения перспективных сверхтвердых материалов.*

**Ключевые слова:** *информационные технологии, система управления знаниями, тезаурус, предметная область, интеллектуальный анализ, сверхтвердый материал, буровой инструмент, буровая коронка, алмазосодержащая матрица.*

Необходимость увеличения объемов добычи полезных ископаемых требует разработки эффективных инструментов для высокопроизводительного бурения скважин различного назначения.

Этим объясняется интенсивность научных исследований в области создания и использования материалов, в том числе и сверхтвердых, с наперед заданными физико-механическими свойствами, обеспечивающими наилучшие характеристики работоспособности современного бурового инструмента.

В настоящее время не вызывает сомнения факт, что для решения прогнозных задач в области создания и применения сверхтвердых материалов необходимо использование информационных технологий, а также интеллектуального анализа данных. Интеллектуальный анализ данных предполагает решение двух основных задач: распознавания образов и прогнозирования. Совместная реализация этих функций составляет основу для изучения свойств и поведения материала, а также для создания новых материалов. Распознавание образов – это отнесение исходных данных к определенному классу с помощью выделения существенных признаков, характеризующих эти данные. Прогнозирование в области материаловедения связано со спецификой построения систематизированного описания объекта прогнозирования. Поэтому его целесообразно разделить на следующие этапы: сбор данных, построение модели, верификация прогноза. Достоверная модель объекта прогнозирования позволяет получить информацию о возможных состояниях объекта прогнозирования в будущем и(или) путях их достижения. Для построения такой достоверной модели в конкретной предметной области (ПрО) необходимо решить сложную задачу сбора и эффективного анализа огромного количества несистематизированных данных. Это требует замены традиционных статистических методов обработки данных технологиями интеллектуального анализа, позволяющими выявлять «скрытые» знания с адекватной оценкой их достоверности.

Для решения поставленных задач в настоящее время в Институте сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины (ИСМ) ведутся работы по созданию автоматизированной онтолого-тезаурусной системы управления знаниями в ПрО «Сверхтвердые материалы» («СТМ»). Используемая этой системой материаловедческая

информация весьма обширна и выходит за рамки ПрО «СТМ». В результате работ по моделированию ПрО «СТМ» были разработаны система многоуровневых онтологий и терминологический тезаурус [1], которые постоянно дополняются и расширяются.

Онтолого-тезаурусная система управления знаниями состоит из программных блоков формулировки и решения задачи, а также базы знаний (рис. 1).

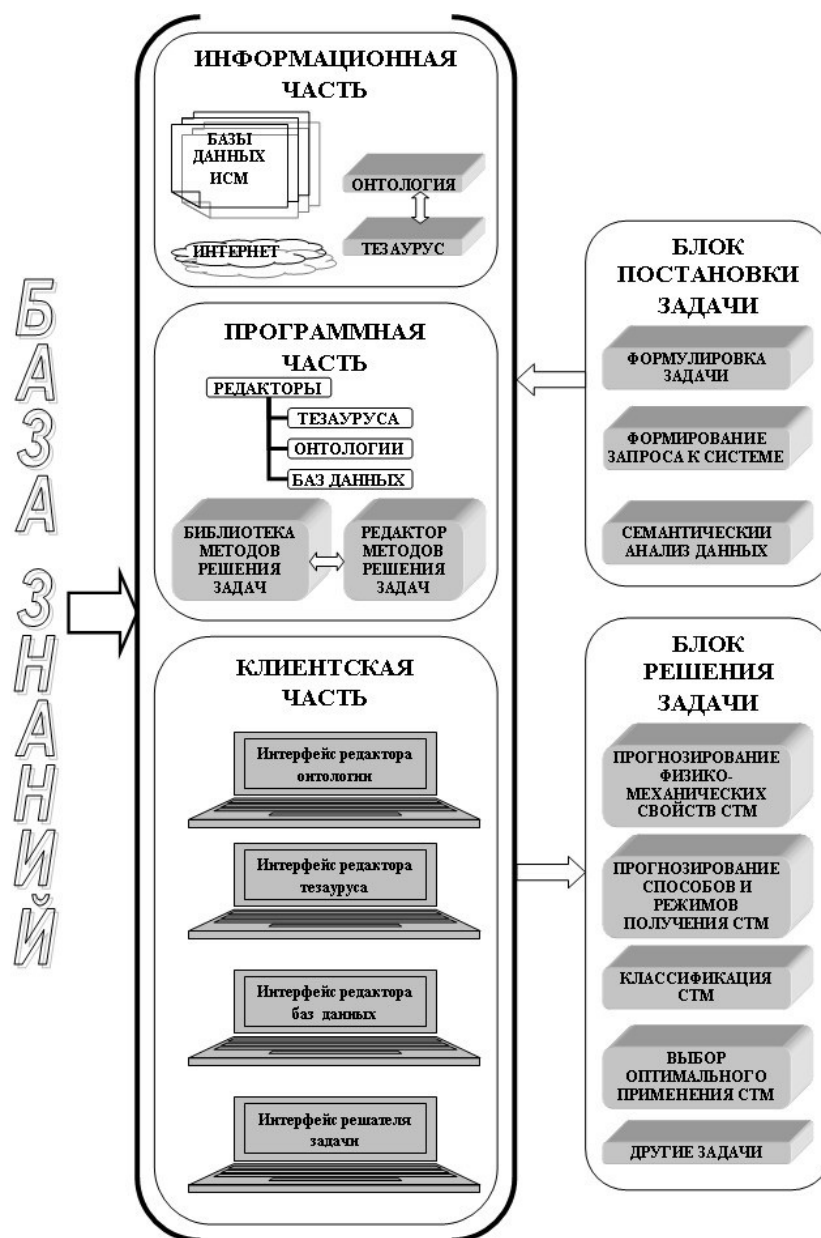


Рис. 1. Компоненты онтолого-тезаурусной системы управления знаниями «Сверхтвердые материалы»

База знаний разработана на основе следующих элементов:

- многоязычного тезауруса и системы взаимосвязи «тезаурус-онтология» ПрО «СТМ»;
- интегрированной модели ПрО «СТМ», включающей систему многоуровневых онтологий;
- модуля, позволяющего получать данные о свойствах материала и влияющих на эти свойства факторах;
- математической модели обработки данных для прогнозирования свойств материала;

- модели расширения поискового запроса на основе многоязычного тезауруса и онтологии.

Для создания тезауруса и онтологии была использована методология стандарта IDEF5, в соответствии с которой построение тезауруса ПрО «СТМ» предполагает такие основные этапы [2]:

- сбор, изучение, анализ и систематизацию литературных данных о ПрО «СТМ»;
- выделение лексических единиц (терминов);
- формирование набора семантических связей;
- установление связей между терминами;
- уточнение и корректировка тезауруса.

Для первого этапа определяющим является выбор информации, описывающей анализируемую область.

Как правило, структура информационного ресурса (совокупности данных, организованной для получения достоверной информации) определена семантикой предметной области, которую отражает этот ресурс. Спецификация ПрО «СТМ» выполнена в виде информационной схемы и онтологии (иерархии понятий и типов объектов) [2].

Для облегчения работы с данными вся ПрО «СТМ» разделена на подобласти разных уровней.

На данный момент собран и систематизирован большой объем информации в предметных областях «Порошки синтетических алмазов», «Поликристаллы синтетических алмазов», «Порошки кубического нитрида бора», «Поликристаллы кубического нитрида бора», «Аппараты высокого давления», «Методы получения СТМ», «Физико-механические свойства СТМ». При этом для некоторых разделов, в частности, «Область применения СТМ», собранные данные весьма ограничены.

Разработанная в ИСМ база знаний ПрО «СТМ» и автоматизированная система смыслового (контекстного) анализа данных, основанная на методике латентно-семантического анализа (ЛСА/LSA), позволили организовать эффективный поиск и классификацию текстов (отчетов по НИР, патентов, архивных файлов, данных в Интернет и т.д.), отбирать близкие по общему контексту документы. Даже в тех случаях, когда терминологические массивы этих текстов не совпадают.

В отличие от поиска по ключевым словам, в данном случае поисковые запросы задаются лексическими векторами, состоящими из множества терминов. С помощью этой системы проведен анализ большого количества текстовой информации (на русском и английском языках) и установлены наиболее актуальные направления исследований в области создания и применения СТМ [3].

С использованием разработанных тезауруса и онтологии ПрО «СТМ» и программ визуализации оптимизированы процедуры поиска и представления информации в корпоративных и материаловедческих базах данных ИСМ.

В настоящей работе представлены результаты онтолого-тезаурусного анализа подобласти «Буровой инструмент», непосредственно связанной с ПрО «СТМ».

Онтолого-тезаурусный анализ информации – это исследование понятий (терминов) и связей между ними, позволяющее достаточно точно моделировать структуру знания данной ПрО, что создает условия для более широкого и качественного междисциплинарного обмена знаниями и их использования для комплексных исследований в области материаловедения.

Для ПрО «Буровой инструмент» источниками информации были отчеты о результатах выполненных в ИСМ научно-исследовательских работ, монография «Сверхтвердые материалы. Получение и применение» в 6-ти томах [4], научные статьи из журналов «Сверхтвердые материалы» и «Инструментальный світ», а также многочисленные публикации в профильных отечественных и зарубежных изданиях. В результате анализа информационных источников предложена классификация бурового инструмента по назначению, конструкции и способу разрушения породы (рис. 2).

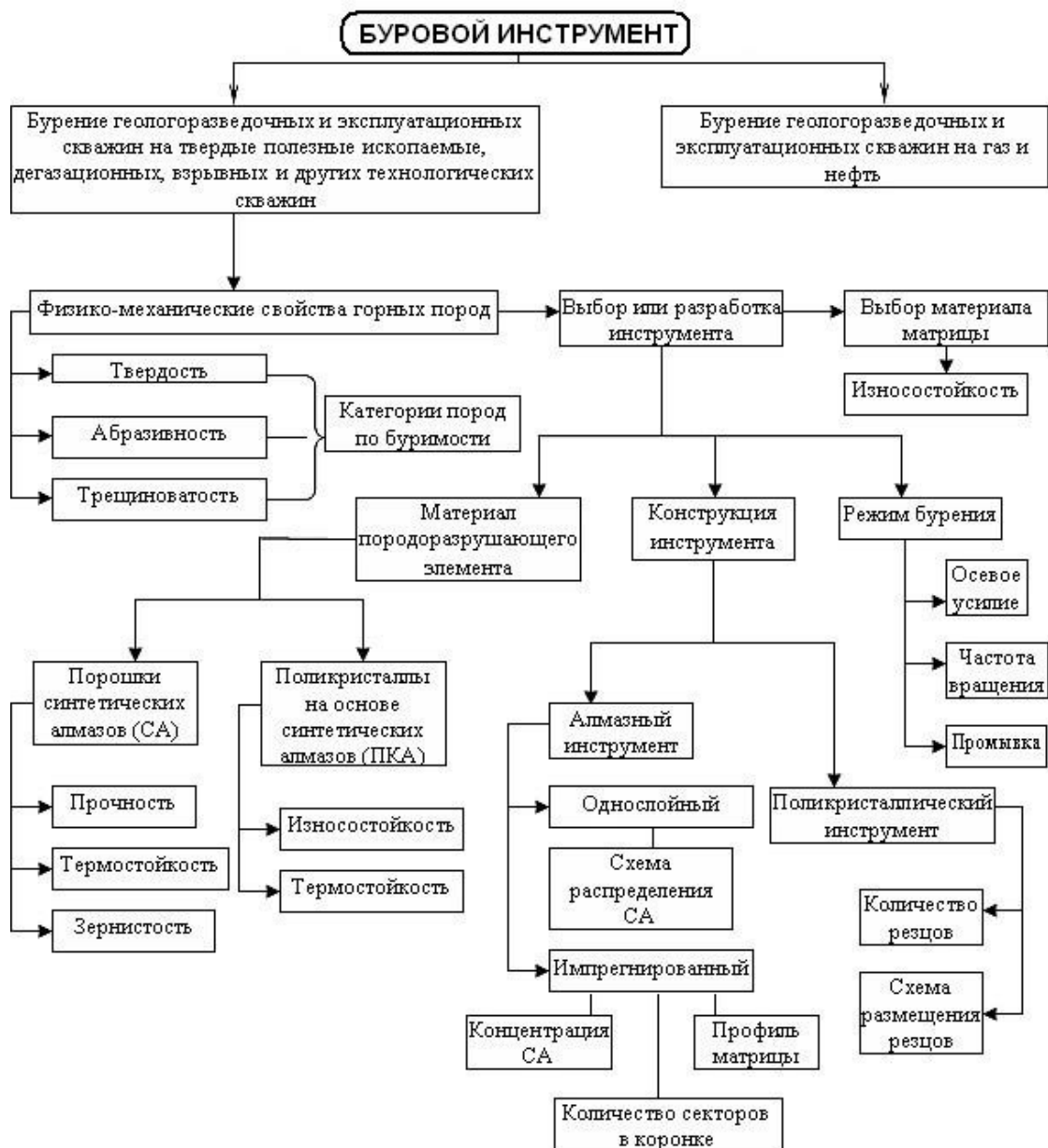


Рис. 2. Структура Про «Буровой инструмент»

В настоящем исследовании мы приведем только результаты анализа информации в области породоразрушающего инструмента (буровых коронок) для геологоразведочного бурения на твердые полезные ископаемые вращательным способом.

На основе проведенного анализа установлено, что при выборе конструкции бурового инструмента, материала породоразрушающих элементов, способа и режимов бурения скважин определяющими факторами являются физико-механические свойства буримой породы (твердость, упругость или пластичность, абразивность). Определение указанных характеристик в производственных условиях достаточно трудоемко. Поэтому применяют их комплексный показатель, называемый буримостью горной породы. Буримость горной породы – способность сопротивляться проникновению в неё бурового инструмента, или интенсивность образования в породе шпура (скважины) под действием усилий, возникающих при бурении.

В зависимости от материала рабочей части породоразрушающий инструмент, рассматриваемый нами, принято разделять на [5]:

- твердосплавный;
- алмазный (оснащенный природными или синтетическими алмазами);

- оснащенный пластинами из поликристаллических сверхтвердых материалов (ПСТМ) на основе синтетических алмазов.

В результате широких исследований и промышленного применения бурового инструмента, оснащенного различными породоразрушающими материалами, были выработаны следующие рекомендации:

- для бурения мягких пород (I–V категорий по буримости) рекомендуется инструмент с твердосплавными режущими элементами и с пластинами ПСТМ;
- для бурения пород средней твердости (VI–IX категорий по буримости) используют инструмент, оснащенный крупными природными или поликристаллическими синтетическими алмазами, а также с пластинами ПСТМ;
- для бурения твердых пород (X–XII категорий по буримости) предпочтение отдается инструменту, оснащеному мелкими природными алмазами или высокопрочными монокристаллами синтетических алмазов.

#### **Алмазный породоразрушающий инструмент**

*Природные алмазы.* Коронки в зависимости от размеров и способа размещения алмазов в матрице делят на однослойные и импрегнированные.

Поскольку природные алмазы более крупные, то их преимущественно используют для изготовления однослойных и импрегнированных коронок, а синтетические – только для импрегнированных коронок.

Существует несколько классификаций природных технических алмазов, применяемых в буровом инструменте: ТУ 47-12-88 Сырье алмазное для многокристального инструмента (классификация акционерной компании «Россия-Саха»), классификатор К47-01-92 Алмазы природные (международная классификация по системе «SITY») [5].

Основные классификационные признаки алмазов по системе «SITY»: размер, форма, степень искажения формы, характер поверхности граней, дефектность (качество), цвет. Характеристики природных технических алмазов для бурового инструмента подробно освещены в специальной литературе [6].

*Синтетические алмазы.* Из широкой гаммы синтетических алмазов для изготовления бурового инструмента используют, как правило, алмазы марок AC125, AC160 или термостойкие алмазы марок AC125T, AC160T зернистостью 250/200–630/500 мкм. Относительная концентрация алмазов в матрице импрегнированной коронки обычно составляет 125 %. Основной эксплуатационной характеристикой матрицы, определяющей работоспособность инструмента, является износостойкость, которая должна соответствовать абразивным свойствам буримой породы. Также к числу важных эксплуатационных характеристик относят теплопроводность и коэффициент температурного расширения [7].

#### **Породоразрушающий инструмент, оснащенный пластинами из поликристаллов синтетических алмазов**

Для повышения эффективности бурения скважин в мягких и средней твердости породах используют инструмент, оснащенный элементами из синтетических поликристаллических алмазов. Наиболее распространенными из них являются алмазно-твердосплавные пластины (АТП) и крупные поликристаллы повышенной термостойкости. К ним, в частности, относятся элементы из алмазного композиционного термостойкого материала (АКТМ).

АТП представляют собой двухслойные изделия, в которых поликристаллический алмазный режущий слой изготавливают на подложке из твердого сплава (карбида вольфрама, цементированного кобальтовой связкой). АКТМ изготавливают на основе алмаза и карбида кремния. Для полученных композиций характерно равномерное распределение частиц алмаза и образованной SiC-фазы. АКТМ выпускают в виде цилиндрических вставок или в виде порошка с размером зерен 1–3 мм.

Полученная в результате проведенного анализа информация (понятия и связи между ними) будет занесена в базу знаний, в частности, в тезаурус и онтологию, с помощью программы Protégé и использована для дальнейшего расширения ПрО «СТМ». Разработанные в ИСМ программные средства реализуют оптимизированный поисковый запрос, позволяющий находить объекты, семантически близкие к поисковому запросу. Семантически близкие объекты будут определяться системой на основе сформированной ПрО «Буровой инструмент». Поиск будет проводиться как в материаловедческих (числовых), так и в полнотекстовых базах данных (отчетов по НИР, патентов, архивных

файлов, данных в Интернет и др.). В результате семантического поиска пользователю будет предложен список найденных по запросу объектов, упорядоченный по степени семантической близости к запросу. Поисковая машина выполняет поиск терминов ПрО «Буровой инструмент» в сформированном программой Protégé файле.

Все найденные слова и словосочетания (термины), ассоциированные с запросом, и их дочерние элементы будут выводиться в отдельном текстовом файле с возможностью последующей корректировки поискового запроса. Также на экран будут выводиться ссылки на соответствующие файлы (или элементы базы данных) с указанием найденных в этих файлах терминов.

Проведенный онтолого-тезаурусный анализ ПрО «Буровой инструмент» позволит: расширить специализированный электронный тезаурус «Сверхтвердые материалы»; построить онтолого-тезаурусную информационную модель сверхтвердых материалов; программно реализовать методику интеллектуального анализа информации для решения задач классификации и прогнозирования математическими и нейронносетевыми методами в области создания и применения перспективных СТМ, что позволит, в частности, выбрать эффективный инструмент для конкретных условий бурения скважин.

*В статті наведені результати онтолого-тезаурусного аналізу інформації в області бурового інструменту із надтвердих матеріалів. Предметна область «Буровий інструмент», яка є частиною багаторівневої предметної області «Надтверді матеріали», структурована і представлена у вигляді системи взаємопов'язаних понять. Проведений онтолого-тезаурусний аналіз дозволяє розширити спеціалізований електронний тезаурус «Надтверді матеріали», а також програмно реалізувати методику інтелектуального аналізу інформації для розв'язання задач класифікації та прогнозування в області створення та використання перспективних надтвердих матеріалів.*

**Ключові слова:** інформаційні технології, система управління знаннями, тезаурус, предметна область, інтелектуальний аналіз, надтвердий матеріал, буровий інструмент, бурова коронка, алмазовмісна матриця.

*The paper presents the results of the ontology/thesaurus-based data analysis applied to boring tools made of superhard materials. The “boring tools” subject area, which is part of the multi-level “superhard materials” subject area, was structured and presented as a system of inter-related concepts. The performed ontology/thesaurus-based data analysis will allow to expand the specialized “superhard materials” thesaurus and building a program application based on the intellectual data analysis methodology aimed to perform classification and forecast projections tasks in the field concerned with development and application of advanced superhard materials.*

**Key words:** information technologies, knowledge management system, thesaurus, subject field, intellectual analysis, superhard material, boring tool, boring head, diamond-containing matrix.

### Литература

1. Интегрированная модель предметной области «Сверхтвердые материалы» / В. Н. Кулаковский, А. А. Лебедева, И. В. Скворцов и др. // Сверхтв. материалы. – 2009. – № 5. – С. 90–91.
2. Онтологический подход к построению базы знаний «Сверхтвердые материалы» / В. Н. Кулаковский, А. А. Лебедева, И. В. Скворцов и др. // Искусственный интеллект. ІІІІ МОН і НАН України «Наука і освіта». – 2008. – № 4. – С. 91–103.
3. Лебедева А. А., Гордашник К. З., Чистяков Е. М. Анализ информации в области создания и применения сверхтвердых материалов с использованием программного комплекса системы управления базами знаний // Интеллектуальные системы принятия решений и проблемы вычислительного интеллекта: Матер. межд. конф.– Херсон: ХНТУ, 2011. – Т. 2. – С. 50–53.
4. Сверхтвердые материалы. Получение и применение: Моногр. в 6 т. / Под ред. Н. В. Новикова. – К.: Ин-т сверхтв. материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2003–2007.
5. Справочник по бурению геологоразведочных скважин. – СПб.: ООО «Недра», 2000. – 712 с.
6. Породоразрушающий инструмент для геологоразведочных скважин. Справочник / Н. И. Корнилов, В. С. Травкин, Л. К. Берестень, Д. И. Коган. – М.: Недра, 1979. – 359 с.
7. Сверхтвердые материалы в геологоразведочном бурении: Монография / Р. К. Богданов, А. П. Загора, А. М. Исонкин. – Донецк: Норд-Пресс, 2007. – 244 с.

*Поступила 19.06.12*