

УДК 004.9

Е.Н. ЛЯШЕНКО

Херсонский национальный технический университет

### ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗНАНИЙ ЭКСПЕРТОВ ПО УПРАВЛЕНИЮ ПРОЦЕССАМИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

*В работе предложена методология разработки формальной модели, являющейся основой для представления знаний экспертов по управлению процессами ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.*

*Разработанная модель позволит фиксировать, систематизировать, формализовать и тиражировать опыт и знания, накопленные экспертами по управлению процессами ликвидации крупномасштабных ЧС, с целью разработки эффективных оперативных, стратегических и тактических планов действий по предупреждению и ликвидации ЧС, адаптируемых к применению в условиях возникновения конкретных ЧС независимо от сценариев их развития.*

*Ключевые слова: модель представления знаний, процесс ликвидации чрезвычайных ситуаций, дескрипционная логика, формальная система, интеллектуальная система.*

О.М. ЛЯШЕНКО

Херсонський національний технічний університет

### ФОРМАЛІЗАЦІЯ ЗНАТЬ ЕКСПЕРТІВ З УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ ВЕЛИКОМАСШТАБНИХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

*В роботі запропоновано методологію розробки формальної моделі, що є основою для подання знань експертів з управління процесами ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.*

*Розроблена модель дозволить фіксувати, систематизувати, формалізувати і тиражувати досвід і знання, накопичені експертами з управління процесами ліквідації великомасштабних НС, з метою розробки ефективних оперативних, стратегічних і тактичних планів дій щодо попередження та ліквідації НС, які адаптуються до застосування в умовах виникнення конкретних НС незалежно від сценаріїв їх розвитку.*

*Ключові слова: модель подання знань, процес ліквідації надзвичайних ситуацій, дескрипційна логіка, формальна система, інтелектуальна система.*

O.M. LIASHENKO

Kherson National Technical University

### FORMALIZATION OF EXPERT KNOWLEDGE FOR CONTROL PROCESS OF ELIMINATING THE LARGE-SCALE EMERGENCIES CONSEQUENCES

*The methodology of developing the formal model, which is the basis for presenting experts knowledge for control process of eliminating the large-scale emergencies consequences, has been proposed.*

*The developed model will provide to fix, systematize, formalize and replicate the experience and expert's knowledge for control process of eliminating the large-scale emergencies consequences, with the aim of the development of effective operational, strategic and tactical action plans for the prevention and elimination of emergencies, which are adapted to the application under conditions of specific emergencies situation, irrespective of their development scenarios.*

*Keywords: knowledge representation model, the process of elimination emergencies situation, descriptive logic, formal system, intellectual system.*

#### Постановка проблемы

Обеспечение защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного и техногенного характера является одной из приоритетных задач государственной политики Украины в сфере гражданской защиты [1].

Для организации комплекса мероприятий по обеспечению защиты населения и территорий от ЧС привлекаются силы гражданской защиты Украины (ГЗУ). Деятельность сил ГЗУ охватывает достаточно широкий спектр работ в зоне ЧС и включает в себя следующие операции [1,2]:

- 1) оценку обстановки в зоне возникновения ЧС;

- 2) анализ ситуации (сбор данных о характере и масштабах распространения ЧС, расчет сил и средств, привлекаемых к процессу ликвидации ЧС);
- 3) осуществление постоянного мониторинга (сбор данных об обстановке в зоне ЧС);
- 4) организацию всестороннего обеспечения аварийно-спасательных работ;
- 5) привлечение сил и средств гражданской защиты местных органов исполнительной власти, министерств, других центральных органов исполнительной власти в соответствии с планами реагирования и взаимодействия;
- 6) определение конкретных задач по локализации зон и ликвидации последствий ЧС, а также координация и контроль за проведением аварийно-спасательных и восстановительных работ;
- 7) поиск и спасание пострадавших, оказание им экстренной медицинской помощи и транспортировки в учреждения здравоохранения, эвакуацию или отселения людей из зоны ЧС;
- 8) прекращение или уменьшение действия опасных факторов, вызванных ЧС;
- 9) проведение комплекса мероприятий по санитарной обработке населения и обеззараживания территорий и техники в зоне ЧС в случае выброса в окружающую среду токсичных химических веществ;
- 10) восстановление поврежденных объектов жизнеобеспечения населения, коммунальных сетей, транспорта, связи, проведение других необходимых работ и мероприятий в зависимости от характера и вида ЧС.

Очевидно, что подобная деятельность сил ГЗУ требует максимально быстрого принятия решений на этапах подготовки и проведения комплекса аварийно-спасательных и восстановительных работ, а также осуществления анализа их эффективности, что достаточно затруднено в случае отсутствия интеллектуальных систем управления процессами ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (ИСУ ЧС), позволяющих систематизировать, формализовать и тиражировать знания, накопленные экспертами в области ликвидации последствий ЧС [3].

Проблема представления знаний в ИСУ ЧС чрезвычайно актуальна. Для ее решения требуется привлечение методологии инженерии знаний с целью создания моделей, позволяющих фиксировать, систематизировать, формализовать и развить опыт и знания, накопленные экспертами по управлению процессами ликвидации крупномасштабных ЧС, с целью разработки эффективных оперативных, стратегических и тактических планов действий по предупреждению и ликвидации ЧС, адаптируемых к применению в условиях возникновения конкретных ЧС независимо от сценариев их развития.

Таким образом, разработка формальной модели, являющейся основой для представления знаний экспертов в области ликвидации последствий ЧС является важной и актуальной научно-практической проблемой.

#### **Анализ последних исследований и публикаций**

Для формализации экспертных знаний о решении задач в условиях неполноты и нечеткости исходной информации в работе [4] предложено использовать аппарат теории нечетких множеств и нечеткой логики. Нечеткие понятия в данном случае формализуются в виде нечетких и лингвистических переменных, а нечеткость действий в процессе принятия решений - в виде нечетких алгоритмов.

В работе [5] предложено использовать онтологию для систематизации и интеграции разнородных знаний и информационных ресурсов в единое информационное пространство. Разработана архитектура системы, поддерживающая процессы поиска и обработки данных и знаний.

В работе [6] также предложено использовать онтологию, но в качестве словаря общения интеллектуальных агентов, описания профиля их знаний и организации обмена знаниями и сообщениями.

Для формализации знаний в работе [7] применяется агрегированная многоуровневая модель, основанная на интеграции семантических сетей, фреймового и продукционного подходов к представлению знаний. Для ее построения выполнен системный анализ проблемной области, построено математическое описание в форме агрегированной сети Петри. Предложены методы построения конструкций баз знаний. Выполнено проектирование баз знаний интеллектуальной системы по управлению безопасностью промышленного объекта, разработаны стратегии логического вывода для динамического управления процессами предупреждения и ликвидации ЧС.

В работе [8] получила дальнейшее развитие продукционно-фреймовая модель представления знаний, за счет использования высокоуровневой модели для определения значения слотов фреймов и динамической трансформации фреймовой модели, что позволяет повысить оперативность процесса обработки знаний при выводе управленческих решений.

В работе [9] рассмотрены основные понятия теории нечетких множеств, формы представления и способы использования нечетких знаний для выработки решений. Анализируются достоинства и недостатки нечетких семантических, фреймовых, ассоциативных и ситуационных сетей.

### Формулировка цели исследования

Целью статьи является разработка формальной модели, являющейся основой для представления знаний экспертов в ИСУ ЧС. Разработанная модель позволит фиксировать, систематизировать, формализовать и тиражировать опыт и знания, накопленные экспертами по управлению процессами ликвидации крупномасштабных ЧС, с целью разработки эффективных оперативных, стратегических и тактических планов действий по предупреждению и ликвидации ЧС, адаптируемых к применению в условиях возникновения конкретных ЧС независимо от сценариев их развития.

### Изложение основного материала исследования

В качестве базового формализма для представления знаний экспертов о предметной области был выбран язык дескрипционной логики (ДЛ) ALC (Attributive Language with Complement). Подробное описание синтаксиса и семантики логики ALC приведено в [11-14].

ДЛ ALC оперирует понятиями «концепт» и «роль», которые являются инструментом представления знаний о предметной области. ДЛ ALC используются для описания интенциональных знаний (описания классов объектов концептами, а отношений между ними – ролями), а также экстенциональных знаний о конкретных объектах (индивидах), их свойствах и связях с другими объектами.

В соответствии с этим делением, знания, фиксируемые при помощи языка ДЛ ALC, подразделяются на [11]:

- 1) набор терминологических аксиом – TBox ( $\mathcal{T}$ );
- 2) набор утверждений (фактов) об индивидах – ABox ( $\mathcal{A}$ ).

Архитектура системы представления знаний экспертов на основе ДЛ ALC приведена на рис. 1.

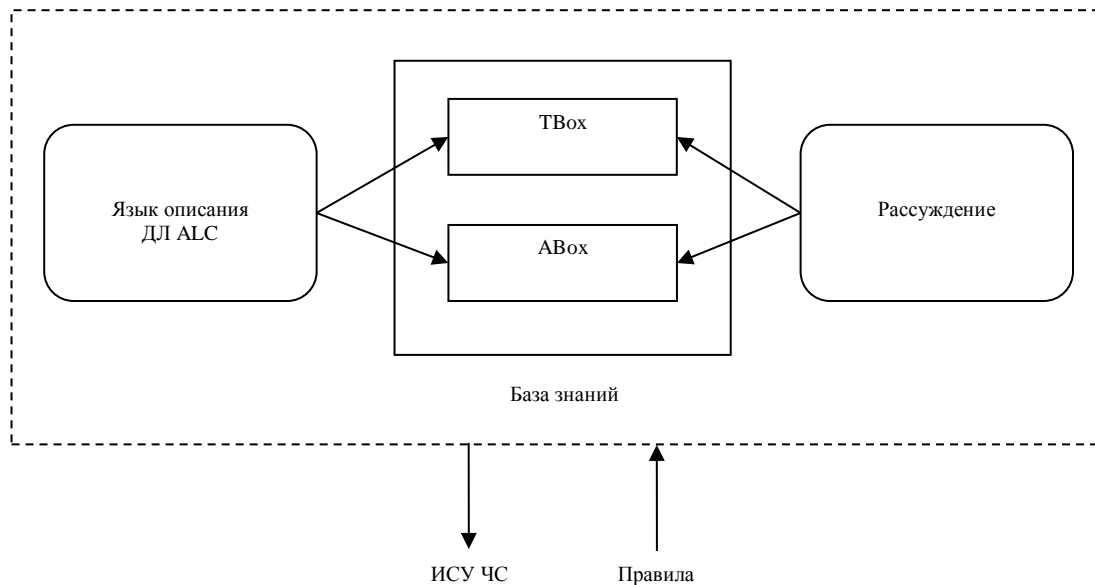


Рис. 1. Архитектура системы представления знаний экспертов на основе ДЛ ALC [12]

Согласно [11] терминологической аксиомой называется выражение вида  $C \sqsubseteq D$  или  $C \equiv D$ , где  $C$  и  $D$  – произвольные концепты. Терминологией TBox называется произвольный конечный набор аксиом данного вида.

Следующий набор аксиом является терминологией рассматриваемой предметной области.

$\forall \text{Action\_Plan} \sqsubseteq \exists \text{Characteristics\_Object\_Emergency} \sqcup \exists \text{Assessment\_Situation\_Emergency\_Zone} \sqcup \exists \text{Estimation\_Sources\_Emergency\_Risks} \sqcup \exists \text{Activities\_Control\_Bodies} \sqcup \exists \text{Activities\_Evacuation} \sqcup \exists \text{Organization\_Cooperation} \sqcup \exists \text{Activities\_Elimination\_Consequences}$ .

$\forall \text{Characteristics\_Object\_Emergency} \sqsubseteq \exists \text{Characteristics\_Territory} \sqcup \exists \text{Geographical\_Climatic\_Properties\_Territory} \sqcup \exists \text{Technogenic\_Natural\_Factors} \sqcup \exists \text{Tasks\_Capabilities\_Civil\_Defense\_Forces} \sqcup \exists \text{Forces\_Resources\_Organization} \sqcup \exists \text{Forces\_Resources\_Interaction} \sqcup \exists \text{Reserve\_Material\_Financial\_Resources}$ .

$\forall \text{Assessment\_Situation\_Emergency\_Zone} \sqsubseteq \exists \text{Forecast\_Number\_Affected\_Population} \sqcup \exists \text{Damage\_Assessment\_Economy}$ .

$\forall \text{Estimation\_Sources\_Emergency\_Risks} \sqsubseteq \exists \text{Emergency\_Scale} \sqcup \exists \text{Emergency\_Effects} \sqcup \exists \text{Sources\_Identification} \sqcup \exists \text{Response\_Level} \sqcup \exists \text{Risks\_Technogenic\_Emergency} \sqcup \exists \text{Risks\_Nature\_Emergency}$ .

$\forall \text{Activities\_Control\_Bodies} \sqsubseteq \exists \text{Main\_Activities\_Control\_Bodies} \sqcup \exists \text{Calendar\_Plan\_Activities}$ .  
 $\forall \text{Activities\_Evacuation} \sqsubseteq \exists \text{Organization\_Evacuation} \sqcup \exists \text{Planning\_Organization\_Evacuation\_Employees} \sqcup \exists \text{Points\_Temporary\_Placement} \sqcup \exists \text{Organization\_Life\_Support} \sqcup \exists \text{Calculation\_Number\_Evacuation\_Employees} \sqcup \exists \text{Ways\_Evacuation} \sqcup \exists \text{Places\_Departure} \sqcup \exists \text{Evacuation\_Routes} \sqcup \exists \text{Protective\_Structures\_Evacuation\_Areas}$ .

$\forall \text{Organization\_Cooperation} \sqsubseteq \exists \text{Order\_Cooperation\_In\_Place} \sqcup \exists \text{Order\_Cooperation\_In\_Time} \sqcup \exists \text{Order\_Cooperation\_Actions}$ .

$\forall \text{Activities\_Elimination\_Consequences} \sqsubseteq \exists \text{Activities\_Elimination\_Consequences\_Technogenic\_Emergency} \sqcup \exists \text{Activities\_Elimination\_Consequences\_Nature\_Emergency}$ .

Согласно [11-13] аксиома  $C \sqsubseteq D$  истинна в интерпретации  $\mathcal{J}$ , если  $C^{\mathcal{J}} \sqsubseteq D^{\mathcal{J}}$ , при этом  $\mathcal{J}$  называют моделью данной аксиомы  $\mathcal{J} \models C \sqsubseteq D$ . Аналогично,  $\mathcal{J} \models C \equiv D$  означает, что  $C^{\mathcal{J}} = D^{\mathcal{J}}$ .

Интерпретацию  $\mathcal{J}$  называют моделью терминологии  $\mathcal{T}$ ,  $\mathcal{J} \models \mathcal{T}$ , если  $\mathcal{J}$  является моделью всех аксиом из  $\mathcal{T}$ . Терминология  $\mathcal{T}$  называется выполнимой, если она имеет модель.

Концепт  $C$  выполним в терминологии  $\mathcal{T}$ , если существует модель  $\mathcal{J}$  в терминологии  $\mathcal{T}$ , такая что  $C^{\mathcal{J}} \neq \emptyset$ .

Концепты  $C$  и  $D$  эквиваленты в  $\mathcal{T}$  ( $\mathcal{T} \models C \equiv D$ ), если в любой модели  $\mathcal{J}$  терминологии  $\mathcal{T}$  имеется  $C^{\mathcal{J}} = D^{\mathcal{J}}$ .

Концепт  $C$  вложен в  $D$  в терминологии  $\mathcal{T}$  ( $\mathcal{T} \models C \sqsubseteq D$ ), если в любой модели  $\mathcal{J}$  терминологии  $\mathcal{T}$  имеется  $C^{\mathcal{J}} \sqsubseteq D^{\mathcal{J}}$ .

Концепты  $C$  и  $D$  называются непересекающимися в терминологии  $\mathcal{T}$ , если в любой модели  $\mathcal{J}$  терминологии  $\mathcal{T}$  имеется  $C^{\mathcal{J}} \cap D^{\mathcal{J}} = \emptyset$ .

Для любых концептов  $C$  и  $D$  и терминологии  $\mathcal{T}$  справедливы следующие эквивалентности [11]:

- $C$  невыполним в  $\mathcal{T} \Leftrightarrow \mathcal{T} \models C \sqsubseteq \perp$ ;
- $\mathcal{T} \models C \equiv D \Leftrightarrow \mathcal{T} \models C \sqsubseteq D$  и  $\mathcal{T} \models D \sqsubseteq C$ ;
- $C$  и  $D$  не пересекаются в  $\mathcal{T} \Leftrightarrow \mathcal{T} \models (C \sqcap D) \sqsubseteq \perp$ ;
- $\mathcal{T} \models C \sqsubseteq D \Leftrightarrow$  концепт  $C \sqcap \neg D$  невыполним в  $\mathcal{T}$ ;
- $\mathcal{T} \models C \equiv D \Leftrightarrow$  концепт  $C \sqcap \neg D$  и  $\neg C \sqcap D$  оба невыполнимы в  $\mathcal{T}$ ;
- $C$  и  $D$  не пересекаются в  $\mathcal{T} \Leftrightarrow$  концепт  $C \sqcap D$  невыполним в  $\mathcal{T}$ .

Итак, пусть  $\mathcal{T}$  - терминология рассматриваемой предметной области, тогда:

- $\mathcal{T} \models \text{Characteristics\_Object\_Emergency} \sqsubseteq \text{Action\_Plan}$ ,  
 $\text{Characteristics\_Object\_Emergency}^{\mathcal{J}} \sqsubseteq \text{Action\_Plan}^{\mathcal{J}}$ ;
- $\mathcal{T} \models \text{Assessment\_Situation\_Emergency\_Zone} \sqsubseteq \text{Action\_Plan}$ ,  
 $\text{Assessment\_Situation\_Emergency\_Zone}^{\mathcal{J}} \sqsubseteq \text{Action\_Plan}^{\mathcal{J}}$ ;
- $\mathcal{T} \models \text{Estimation\_Sources\_Emergency\_Risks} \sqsubseteq \text{Action\_Plan}$ ,  
 $\text{Estimation\_Sources\_Emergency\_Risks}^{\mathcal{J}} \sqsubseteq \text{Action\_Plan}^{\mathcal{J}}$ ;
- $\mathcal{T} \models \text{Activities\_Control\_Bodies} \sqsubseteq \text{Action\_Plan}$ ,  $\text{Activities\_Control\_Bodies}^{\mathcal{J}} \sqsubseteq \text{Action\_Plan}^{\mathcal{J}}$ ;
- $\mathcal{T} \models \text{Activities\_Evacuation} \sqsubseteq \text{Action\_Plan}$ ,  $\text{Activities\_Evacuation}^{\mathcal{J}} \sqsubseteq \text{Action\_Plan}^{\mathcal{J}}$ ;
- $\mathcal{T} \models \text{Organization\_Cooperation} \sqsubseteq \text{Action\_Plan}$ ,  $\text{Organization\_Cooperation}^{\mathcal{J}} \sqsubseteq \text{Action\_Plan}^{\mathcal{J}}$ ;
- $\mathcal{T} \models \text{Activities\_Elimination\_Consequences} \sqsubseteq \text{Action\_Plan}$ ,  
 $\text{Activities\_Elimination\_Consequences}^{\mathcal{J}} \sqsubseteq \text{Action\_Plan}^{\mathcal{J}}$ ;
- $\mathcal{T} \models \text{Characteristics\_Territory} \sqsubseteq \text{Characteristics\_Object\_Emergency}$ ,  
 $\text{Characteristics\_Territory}^{\mathcal{J}} \sqsubseteq \text{Characteristics\_Object\_Emergency}^{\mathcal{J}}$ ;
- $\mathcal{T} \models \text{Geographical\_Climatic\_Properties\_Territory} \sqsubseteq \text{Characteristics\_Object\_Emergency}$ ,  
 $\text{Geographical\_Climatic\_Properties\_Territory}^{\mathcal{J}} \sqsubseteq \text{Characteristics\_Object\_Emergency}^{\mathcal{J}}$ ;
- $\mathcal{T} \models \text{Technogenic\_Natural\_Factors} \sqsubseteq \text{Characteristics\_Object\_Emergency}$ ,  
 $\text{Technogenic\_Natural\_Factors}^{\mathcal{J}} \sqsubseteq \text{Characteristics\_Object\_Emergency}^{\mathcal{J}}$ ;
- $\mathcal{T} \models \text{Tasks\_Capabilities\_Civil\_Defense\_Forces} \sqsubseteq \text{Characteristics\_Object\_Emergency}$ ,  
 $\text{Tasks\_Capabilities\_Civil\_Defense\_Forces}^{\mathcal{J}} \sqsubseteq \text{Characteristics\_Object\_Emergency}^{\mathcal{J}}$ ;
- $\mathcal{T} \models \text{Forces\_Resources\_Organization} \sqsubseteq \text{Characteristics\_Object\_Emergency}$ ,  
 $\text{Forces\_Resources\_Organization}^{\mathcal{J}} \sqsubseteq \text{Characteristics\_Object\_Emergency}^{\mathcal{J}}$ ;
- $\mathcal{T} \models \text{Forces\_Resources\_Interaction} \sqsubseteq \text{Characteristics\_Object\_Emergency}$ ,  
 $\text{Forces\_Resources\_Interaction}^{\mathcal{J}} \sqsubseteq \text{Characteristics\_Object\_Emergency}^{\mathcal{J}}$ ;
- $\mathcal{T} \models \text{Reserve\_Material\_Financial\_Resources} \sqsubseteq \text{Characteristics\_Object\_Emergency}$ ,  
 $\text{Reserve\_Material\_Financial\_Resources}^{\mathcal{J}} \sqsubseteq \text{Characteristics\_Object\_Emergency}^{\mathcal{J}}$ ;
- $\mathcal{T} \models \text{Forecast\_Number\_Affected\_Population} \sqsubseteq \text{Assessment\_Situation\_Emergency\_Zone}$ ,  
 $\text{Forecast\_Number\_Affected\_Population}^{\mathcal{J}} \sqsubseteq \text{Assessment\_Situation\_Emergency\_Zone}^{\mathcal{J}}$ ;
- $\mathcal{T} \models \text{Damage\_Assessment\_Economy} \sqsubseteq \text{Assessment\_Situation\_Emergency\_Zone}$ ,

$Damage\_Assessment\_Economy^J \sqsubseteq Assessment\_Situation\_Emergency\_Zone^J$ ;  
 –  $\mathcal{J} \models Emergency\_Scale \sqsubseteq Estimation\_Sources\_Emergency\_Risks, Emergency\_Scale^J \sqsubseteq Estimation\_Sources\_Emergency\_Risks^J$ ;  
 $Estimation\_Sources\_Emergency\_Risks^J$ ;  
 –  $\mathcal{J} \models Emergency\_Effects \sqsubseteq Estimation\_Sources\_Emergency\_Risks, Emergency\_Effects^J \sqsubseteq Estimation\_Sources\_Emergency\_Risks^J$ ;  
 $Estimation\_Sources\_Emergency\_Risks^J$ ;  
 –  $\mathcal{J} \models Sources\_Identification \sqsubseteq Estimation\_Sources\_Emergency\_Risks,$   
 $Sources\_Identification^J \sqsubseteq Estimation\_Sources\_Emergency\_Risks^J$ ;  
 –  $\mathcal{J} \models Response\_Level \sqsubseteq Estimation\_Sources\_Emergency\_Risks, Response\_Level^J \sqsubseteq Estimation\_Sources\_Emergency\_Risks^J$ ;  
 $Estimation\_Sources\_Emergency\_Risks^J$ ;  
 –  $\mathcal{J} \models Risks\_Technogenic\_Emergency \sqsubseteq Estimation\_Sources\_Emergency\_Risks,$   
 $Risks\_Technogenic\_Emergency^J \sqsubseteq Estimation\_Sources\_Emergency\_Risks^J$ ;  
 $Estimation\_Sources\_Emergency\_Risks^J$ ;  
 –  $\mathcal{J} \models Risks\_Nature\_Emergency \sqsubseteq Estimation\_Sources\_Emergency\_Risks,$   
 $Risks\_Nature\_Emergency^J \sqsubseteq Estimation\_Sources\_Emergency\_Risks^J$ ;  
 $Estimation\_Sources\_Emergency\_Risks^J$ ;  
 –  $\mathcal{J} \models Main\_Activities\_Control\_Bodies \sqsubseteq Activities\_Control\_Bodies,$   
 $Main\_Activities\_Control\_Bodies^J \sqsubseteq Activities\_Control\_Bodies^J$ ;  
 $Activities\_Control\_Bodies^J$ ;  
 –  $\mathcal{J} \models Calendar\_Plan\_Activities \sqsubseteq Activities\_Control\_Bodies, Calendar\_Plan\_Activities^J \sqsubseteq Activities\_Control\_Bodies^J$ ;  
 $Activities\_Control\_Bodies^J$ ;  
 –  $\mathcal{J} \models Organization\_Evacuation \sqsubseteq Activities\_Evacuation, Organization\_Evacuation^J \sqsubseteq Activities\_Evacuation^J$ ;  
 $Activities\_Evacuation^J$ ;  
 –  $\mathcal{J} \models Planning\_Organization\_Evacuation\_Employees \sqsubseteq Activities\_Evacuation,$   
 $Planning\_Organization\_Evacuation\_Employees^J \sqsubseteq Activities\_Evacuation^J$ ;  
 $Activities\_Evacuation^J$ ;  
 –  $\mathcal{J} \models Points\_Temporary\_Placement\_Employees \sqsubseteq Activities\_Evacuation,$   
 $Points\_Temporary\_Placement^J \sqsubseteq Activities\_Evacuation^J$ ;  
 $Activities\_Evacuation^J$ ;  
 –  $\mathcal{J} \models Organization\_Life\_Support \sqsubseteq Activities\_Evacuation, Organization\_Life\_Support^J \sqsubseteq Activities\_Evacuation^J$ ;  
 $Activities\_Evacuation^J$ ;  
 –  $\mathcal{J} \models Calculation\_Number\_Evacuation\_Employees \sqsubseteq Activities\_Evacuation,$   
 $Calculation\_Number\_Evacuation\_Employees^J \sqsubseteq Activities\_Evacuation^J$ ;  
 $Activities\_Evacuation^J$ ;  
 –  $\mathcal{J} \models Order\_Cooperation\_In\_Place \sqsubseteq Organization\_Cooperation,$   
 $Order\_Cooperation\_In\_Place^J \sqsubseteq Organization\_Cooperation^J$ ;  
 $Organization\_Cooperation^J$ ;  
 –  $\mathcal{J} \models Order\_Cooperation\_In\_Time \sqsubseteq Organization\_Cooperation,$   
 $Order\_Cooperation\_In\_Time^J \sqsubseteq Organization\_Cooperation^J$ ;  
 $Organization\_Cooperation^J$ ;  
 –  $\mathcal{J} \models Order\_Cooperation\_Actions \sqsubseteq Organization\_Cooperation,$   
 $Order\_Cooperation\_Actions^J \sqsubseteq Organization\_Cooperation^J$ ;  
 $Organization\_Cooperation^J$ ;  
 –  $\mathcal{J} \models Activities\_Elimination\_Consequences\_Technogenic \sqsubseteq Activities\_Elimination\_Consequences,$   
 $Activities\_Elimination\_Consequences\_Technogenic\_Emergency^J \sqsubseteq Activities\_Elimination\_Consequences^J$ ;  
 $Activities\_Elimination\_Consequences^J$ ;  
 –  $\mathcal{J} \models Activities\_Elimination\_Consequences\_Nature\_Emergency \sqsubseteq Activities\_Elimination\_Consequences,$   
 $Activities\_Elimination\_Consequences\_Nature\_Emergency^J \sqsubseteq Activities\_Elimination\_Consequences^J$ .

Согласно [11-13] АBox представляет собой систему фактов об индивидах. Факты об индивидах бывают двух видов:

- утверждение о принадлежности индивида  $a$  к концепту  $C$ ,  $a: C$ ;
- утверждение о связи двух индивидов  $a$  и  $b$  ролью  $R$ ,  $aRb$ .

Таким образом, системой фактов или АBox называется конечное множество  $\mathcal{A}$  утверждений вида  $a: C$  и  $aRb$ , где  $a, b \in IN$ ,  $IN$  – конечное множество имен индивидов,  $C$  – произвольный концепт,  $R$  – роль.

Чтобы задать семантику для АBox необходимо взять произвольную интерпретацию  $\mathcal{J} = (\Delta, \cdot^{\mathcal{J}})$  и каждому индивиду  $a \in IN$  сопоставить элемент области интерпретации  $a^{\mathcal{J}} \in \Delta$ .

Факт  $a: C$  или  $aRb$  верен в интерпретации  $\mathcal{J}$ , если  $a^{\mathcal{J}} \in C^{\mathcal{J}}$  или  $\langle a^{\mathcal{J}}, b^{\mathcal{J}} \rangle \in R^{\mathcal{J}}$ . При этом  $\mathcal{J}$  называется моделью этого факта,  $\mathcal{J} \models a: C$  и  $\mathcal{J} \models aRb$ .

На рис.2 приведена иерархия концептов рассматриваемой предметной области и выделены соответствующие индивиды [10].

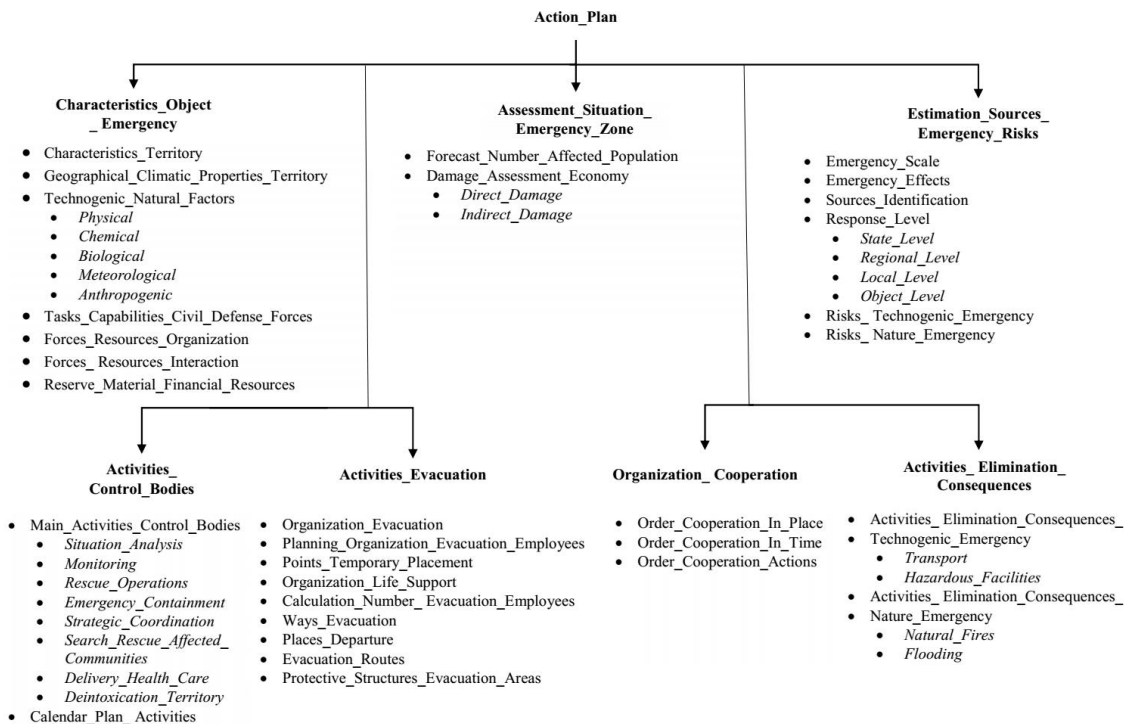


Рис. 2. Иерархия концептов рассматриваемой предметной области и соответствующие индивиды

Следующая совокупность является системой фактов  $AVox$  об индивидуальных объектах (индивидах) в интерпретации  $J$ :

$J \models Physical: Technogenic\_Natural\_Factors; J \models Chemical: Technogenic\_Natural\_Factors; J \models Biological: Technogenic\_Natural\_Factors; J \models Meteorological: Technogenic\_Natural\_Factors; J \models Anthropogenic: Technogenic\_Natural\_Factors; J \models Direct\_Damage: Damage\_Assessment\_Economy; J \models Indirect\_Damage: Damage\_Assessment\_Economy; J \models State\_Level: Response\_Level; J \models Regional\_Level: Response\_Level; J \models Local\_Level: Response\_Level; J \models Situation\_Analysis: Main\_Activities\_Control\_Bodies; J \models Monitoring: Main\_Activities\_Control\_Bodies; J \models Rescue\_Operations: Main\_Activities\_Control\_Bodies; J \models Emergency\_Containment: Main\_Activities\_Control\_Bodies; J \models Strategic\_Coordination: Main\_Activities\_Control\_Bodies; J \models Search\_Rescue\_Affected\_Communities: Main\_Activities\_Control\_Bodies; J \models Delivery\_Health\_Care: Main\_Activities\_Control\_Bodies; J \models Deintoxication\_Territory: Main\_Activities\_Control\_Bodies; J \models Meteorological\ Contains\ Air\_Temperature \sqcup Air\_Humidity \sqcup Atmosphere\_Pressure \sqcup Cloudiness \sqcup Precipitation \sqcup Wind ; J \models Wind\ Contains\ Wind\_Direction \sqcup Wind\_Speed \sqcup Wind\_Strength.$

Таким образом, база знаний представляет собой пару  $\mathcal{K} = \mathcal{T} \cup \mathcal{A}$ , где  $\mathcal{T}$  – терминология (ТВох),  $\mathcal{A}$  – система фактов об индивидах (АВох).

### Выводы

В работе предложена методология разработки формальной модели, являющейся основой для представления знаний экспертов по управлению процессами ликвидации последствий ЧС.

Разработанная модель позволит фиксировать, систематизировать и формализовать знания, накопленные экспертами в области ликвидации крупномасштабных ЧС.

В качестве базового логического формализма для представления знаний предложено использовать язык дескрипционной логики ALC и его расширения.

Интенциональные знания в модели представлены в виде набора терминологических аксиом, фиксирующих взаимосвязи основных понятий предметной области, а экстенциональные - в виде утверждений (фактов) об индивидуальных объектах, их свойствах и связях с другими объектами.

Доказано, что сформулированная система терминологических аксиом позволяет осуществлять вывод новых (неявных) знаний из знаний, заданных явно в терминологии.

Разработана база знаний по управлению процессами ликвидации крупномасштабных ЧС, содержащая знания, собранные экспертами и записанные в виде аксиом и фактов при помощи дескрипционной логики ALC.

## Список использованной литературы

1. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 №5403-VI // Офіційний вісник України. – 2012. - №89. – ст. 3589.
2. Статут дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту: Наказ Міністерства надзвичайних ситуацій України № 575 від 13.03.2012 р. [Електронний ресурс].– Режим доступу : <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0835-12/page>
3. Трофимова Н.В. Автоматизированная информационная система учета поисково-спасательных работ/ Н.В. Трофимова, В.С. Герасимов // Материалы научно-практической конференции «Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций», Железнодорожск, 2013. - С.63-67.
4. Крошилин А.В. Формализация экспертных знаний в системах поддержки принятия решений/ А.В. Крошилин, С.В. Крошила // Ползуновский вестник. Измерение, информация, моделирование: проблемы и перспективы технологий разработки и применения (тематический выпуск) – Барнаул: АлтГТУ. – 2010. – №2. – С.181-185.
5. Бова В.В. Концептуальная модель представления знаний при построении интеллектуальных информационных систем// Известия ЮФУ. Технические науки. – 2014. - №7 (156). – С.109-117.
6. Кравченко Ю.А. Онтологический подход формирования информационных ресурсов на основе разнородных источников знаний/ Ю.А. Кравченко, В.В. Марков // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2013. – № 7 (144). – С. 116-120.
7. Вильчик С.И. Формирование баз знаний для интеллектуальной системы по предупреждению и ликвидации ЧС на промышленном предприятии, дис. канд. техн. наук: спец. 05.13.01 / С.И. Вильчик. - Красноярск. Сибирский государственный технологический университет, 2003. –140 с.
8. Прохоров А. В. Структуризация знаний на основе высокоуровневых и продукционно-фреймовых моделей в экспертных системах принятия управленческих решений/А. В. Прохоров, К. В. Головань// Системи обробки інформації. –Вип. 6 (55). – Х.: Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, 2006. – С. 153–157.
9. Карелин В.П. Модели и методы представления знаний и выработки решений в интеллектуальных информационных системах с нечеткой логикой/ Вестник Таганрогского института управления и экономики. - №1 2014 г. – С. 75–83.
10. Ляшенко Е.Н. Онтологическая модель представления знаний в интеллектуальной системе управления процессами ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций природного характера/ Вестник Херсонского национального технического университета. – 2(61) 2017 г. – С. 218 – 227.
11. Е. Золин. Дескрипционная логика. [Электронный ресурс]// режим доступа: <http://lpcs.math.msu.su/~zolin/dl/>
12. F.Baader. The description logic handbook. Theory, implementation, and applications/ F. Baader, D. Calvanese, D.L.McGuinness, D. Nardi, P.F. Patel-Schneider. – Cambridge University Press, 2003. – p.574.
13. Stephan Tobies. Complexity Results and Practical Algorithms for Logics in Knowledge Representation. PhD thesis, LuFG Theoretical Computer Science, RWTH-Aachen, Germany, 2001. – p.182.
14. Baader, F., Horrocks, I., & Sattler, U. (2002b). Description Logics for the Semantic Web. KI – Kunstliche Intelligenz,16(4), P. 57–59.