

## ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ИНЖИНИРИНГ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РИСКОВ В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ

**Массель Алексей Геннадьевич**

к.т.н., с.н.с. отдела Систем искусственного интеллекта в энергетике,  
Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН,  
664033г. Иркутск, ул. Лермонтова 130, e-mail: [amassel@isem.irk.ru](mailto:amassel@isem.irk.ru).

**Александрович Сергей Александрович**

н.с., Институт энергетики НАН Беларуси  
г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: [serje.alex@gmail.com](mailto:serje.alex@gmail.com).

**Гаськова Дарья Александровна**

м.н.с. отдела Систем искусственного интеллекта в энергетике,  
Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН,  
664033г. Иркутск, ул. Лермонтова 130, e-mail: [gaskovada@gmail.com](mailto:gaskovada@gmail.com).

**Аннотация.** В статье приводятся основные этапы онтологического инжиниринга энергетических рисков топливно-энергетического комплекса. Применение онтологий позволяет формализовать доступную информацию, а применение онтологического инжиниринга позволяет структурировать знания о предметной области. Использование онтологий позволяет впоследствии переходить к технологии экспертных систем, что, в свою очередь, должно облегчить процесс поддержки принятия решений. Помимо применения экспертных систем, в статье описывается применение байесовских сетей доверия. Именно совокупность используемых подходов позволяет получить новые результаты. Данная работа выполняется в рамках совместного международного проекта РФФИ и БРФФИ.

**Ключевые слова:** Онтологии, экспертные системы, оценка рисков, байесовские сети доверия.

**Цитирование:** Массель А.Г., Александрович С.А., Гаськова Д.А. Онтологический инжиниринг энергетических рисков в топливно-энергетическом комплексе // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2020. № 3 (19). С. 25-33. DOI: 10.38028/ESI.2020.19.3.003.

**Введение.** Актуальность проблемы обусловлена как важной ролью энергетической безопасности, которую обеспечивает топливно-энергетический комплекс в экономике страны, так и нарастанием количества угроз, приводящих к нарушению безопасности. Под энергетической безопасностью будем понимать состояние защищенности граждан, общества, государства, экономики от угроз дефицита в обеспечении их потребностей в энергии экономически доступными энергетическими ресурсами приемлемого качества, от угроз нарушения бесперебойности энергоснабжения [10].

Одной из ключевых задач исследований в сфере энергобезопасности является анализ возможности возникновения угроз энергетической безопасности, которые определяются как совокупность условий и факторов, создающих экстремальные ситуации в системах топливно-

и энергоснабжения потребителей, представляющих опасность для нормального функционирования этих систем [1, 2].

При формировании перечня возможных чрезвычайных ситуаций, которые приводят к энергетическим рискам, отмечено, что производственно-технологические риски, прежде всего, связаны с высоким уровнем изношенности (моральной и физической) объектов инженерно-энергетических коммуникаций, нерегулярной профилактикой и ремонтом оборудования, что влечет за собой: повышенный расход ресурсов; потери ресурсов; рост числа аварий; неисправность электрооборудования; особенно это характерно для осенне-зимнего периода.

Кроме того, к чрезвычайным ситуациям могут приводить природные явления, такие, как сильный ветер, ледяной дождь, снегопады, наводнения, периоды экстремально высокой или низкой температуры, грозы. Эти природные явления называются в числе главных причин возникновения аварий в энергосистемах, тепловых трассах, системах водоснабжения и канализации. Они могут повреждать или разрушать инфраструктуру электропередач или снижать ее передающие способности.

Для систематизации информации по рискам, их связи с возможными ЧС и вариантами, превентивными мероприятиями и вариантами оценки ущербов предложено разработать систему соответствующих онтологий, связывающих эти понятия. Ее разработка начата в рамках международного проекта в этом и будет продолжена в следующем году. При разработке системы онтологий авторы опираются на методы и принципы построения онтологического пространства знаний в области энергетики, которые разрабатываются совместно с коллегами – участниками проекта.

**Онтологический инжиниринг.** В области искусственного интеллекта, в которой развивается понятие онтологии, представление знаний включает извлечение, моделирование и хранение знаний в таком виде, чтобы программы могли их обрабатывать. Чаще всего представление знаний фокусируется либо на формализме представления, либо на информации, которая должна быть закодирована в нем, что обеспечивается инженерией знаний. Онтологию можно рассматривать как одну из моделей представления знаний [3].

Соответствующий выбор формализма представления знаний может упростить решение проблемы. Это означает, что выбор конкретного типа формализмов зависит от типа знания предметной области. Техники представления знаний включают [14, 16]:

- Списки (например, связанные списки, которые используются для представления иерархических знаний).
- Деревья (графический метод представления иерархических знаний).
- Представления на основе правил (используются в конкретных контекстах решения проблем).
- Представления, основанные на логике (могут использовать дедуктивные или индуктивные рассуждения) [13].

Предпосылкой управления знаниями является создание онтологического пространства знаний предметной области – знаний в области энергетики.

Под **онтологическим инжинирингом** понимается процесс проектирования и разработки онтологий, объединяющий две основные технологии проектирования сложных систем – объектно-ориентированный и структурный анализ. Он включает выявление основных классов сущностей (базовых понятий) в описании реальных взаимодействующих

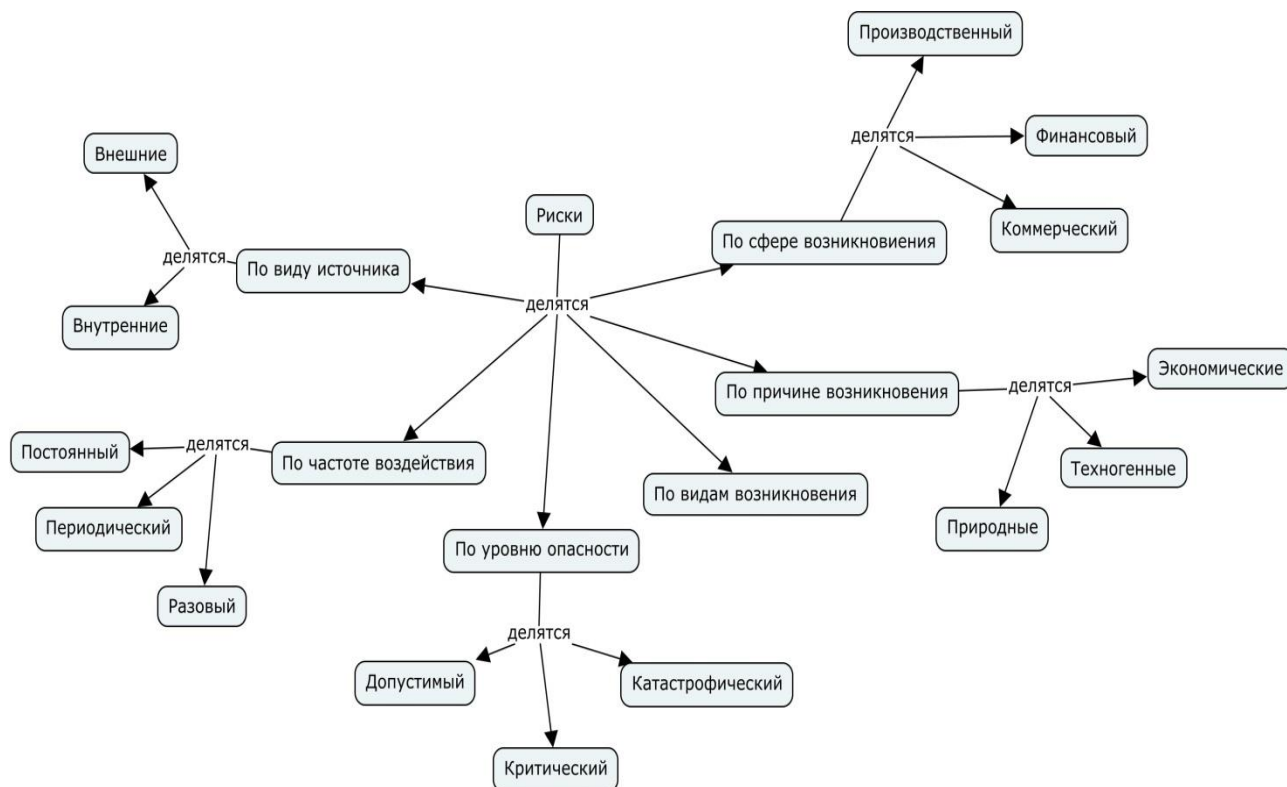
процессов, отношений между этими классами, а также совокупности свойств, которые определяют их изменение и поведение во взаимодействии [5, 8, 10, 12, 15].

**Целями онтологического инжиниринга** являются: повышение уровня интеграции информации, необходимой для принятия управленческих решений, повышение эффективности информационного поиска, предоставление возможности совместной обработки знаний на основе единого семантического описания пространства знаний.

Теоретическими работами в этой области занимаются Т.А. Гаврилова (Санкт-Петербургская научная школа), С.В. Смирнов (Самарская школа), Л.Р. Черняховская (Уфимская школа), Ю.А. Загоруйко (Новосибирская школа), Л.В. Массель (Иркутская школа), В.В. Грибова (Дальневосточная школа) и др. В зарубежных научных трудах онтологическому инжинирингу также уделяется большое внимание, например, [9-10].

При построении онтологического пространства авторами применялся фрактальный подход к структурированию знаний [7], который позволяет объединить онтологии отраслевых систем энергетики, топливно-энергетического комплекса в целом и онтологии энергетических рисков.

**Энергетические риски.** В ходе работы совместно с белорусскими коллегами был проведен анализ существующих энергетических рисков [8,10]. Сначала была построена метаонтология рисков (рис.1).



**Рис.1.** Метаонтология рисков.

На следующем этапе был осуществлен анализ основных групп рисков для рынка энергоресурсов с точки зрения производителя/поставщика энергоресурсов и потребителя энергоресурсов. Результаты анализа представлены в таблице 1.

**Таблица 1.** Основные группы рисков для рынка энергоресурсов [9,10]

Риски		Производитель/поставщик энергоресурсов	Потребитель энергоресурсов
Рыночные	макро	<ul style="list-style-type: none"> <li>шок снижения цены (резкое падение доходов),</li> <li>неопределенность прогнозов уровня спроса (непредвиденное снижение объемов продаж),</li> <li>неопределенность уровня запасов энергоресурсов (непредвиденное снижение добычи),</li> <li>кредитный риск (дефицит инвестиционных средств),</li> <li>валютный риск (дефицит инвестиционных средств),</li> <li>процентный риск (дефицит инвестиционных средств)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>шок роста цены (резкое увеличение расходов),</li> <li>неопределенность оценок уровня запасов энергоресурсов (дефицит энергоресурсов),</li> <li>неопределенность уровня предложения (рост волатильности цены),</li> <li>кредитный риск (непредвиденное увеличение расходов),</li> <li>валютный риск (непредвиденное увеличение расходов),</li> <li>процентный риск (непредвиденное увеличение расходов)</li> </ul>
	микро	<ul style="list-style-type: none"> <li>обострение конкуренции, слияния, поглощения (большая конкурентная сила, монополизация рынка),</li> <li>технологический прорыв в области альтернативной энергетики (снижение спроса на традиционные источники энергии),</li> <li>производственные риски, трудовые конфликты (приостановки производства, снижение доходов, дополнительные расходы)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>слияния, поглощения (монополизация рынка, неэффективное ценообразование),</li> <li>производственные риски энергетических компаний, трудовые конфликты, риск срыва поставок (непредвиденное снижение уровня предложения),</li> <li>техногенные аварии энергетических компаний (загрязнение окружающей среды, дополнительные расходы, угроза здоровью)</li> </ul>
Политические		<ul style="list-style-type: none"> <li>непрозрачные экономики-экспортеры энергоресурсов (неопределенность уровня запасов),</li> <li>политические конфликты (разрыв производственной цепочки),</li> <li>террористические акты (разрыв производственной цепочки)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>непрозрачные экономики-экспортеры энергоресурсов (неопределенность уровня предложения),</li> <li>политические конфликты (срыв поставок энергии, непредвиденное снижение уровня предложения),</li> <li>террористические акты (срыв поставок энергии, непредвиденное снижение уровня предложения)</li> </ul>
Глобальные		<ul style="list-style-type: none"> <li>изменение климата (труднодоступность месторождений, повышение затрат)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>изменение климата (снижение предложения энергии)</li> </ul>

Далее группы рисков были конкретизированы:

- 1 риски потери тепловой и электрической энергии вследствие неэффективной передачи (риски производственно-технологического характера);
- 2 риск снижения запланированного спроса на электрическую и тепловую энергию;
- 3 риски тарифного регулирования;
- 4 риск невозможности покупки энергоресурсов в необходимых количествах в нужное время (зависимость от доминирующих поставщиков)(характерно для Республики Беларусь);
- 5 ценовые риски (зависимость от колебания закупочных цен на сырье и энергоресурсы);
- 6 риск роста неплатежей потребителей;

- 7 риски дефицита электрической и тепловой энергии вследствие природно-климатических факторов;
- 8 налоговые риски;
- 9 риск дефицита генерирующих мощностей;
- 10 риск перегрузки оборудования электрических сетей (недостаточная пропускная способность).

На основе выполненного анализа принято решение о разработке экспертной системы для оценки энергетических рисков и их влияния на энергетическую безопасность, как основного компонента интеллектуальной системы поддержки принятия решений.

В качестве прототипа экспертной системы предложено использовать разрабатываемую Гаськовой Д.А. под руководством Масселя А.Г. экспертную систему для оценки рисков нарушения кибербезопасности энергетических объектов. При разработке базы знаний экспертной системы, описывающей энергетические риски, будет использована описываемая система онтологий. После замены базы знаний можно будет использовать основные программные компоненты существующей экспертной системы для обработки новой базы знаний.

**Методика оценки энергетических рисков.** В ходе выполнения работы были выполнены развитие и адаптация авторского риск-ориентированного подхода (существующей методики оценки рисков нарушения кибербезопасности энергетической инфраструктуры) для оценки энергетических рисков и их влияния на ЭБ.

Методика оценки рисков нарушения кибербезопасности энергетической инфраструктуры включает три основных этапа:

1. Описание рисков, которые определяются тройкой  $R = \{T, V, D\}$ , где  $T$  – угрозы,  $V$  – уязвимости,  $D$  – ущерб при реализации угрозы.

При адаптации методики будут рассмотрены другие угрозы ЭБ, кроме киберугроз; уязвимости соответствуют слабым сторонам энергетической инфраструктуры, которые могут быть повреждены в результате ЧС (реализации угроз); на основании этих повреждений оценивается нанесенный ущерб.

2. Оценивание рисков. На этом этапе предлагается использовать вероятностное моделирование (на основе Байесовских сетей доверия), в этой области у авторов есть существенные результаты. Этот этап практически не требует изменений. Используются два типа оценивания: качественное и количественное. Выполнение качественного оценивания рисков осуществляется с использованием матрицы рисков, где осями координат являются вероятность наступления риска и уровень ущерба. Количественная оценка выражается в вычислении вероятностного ущерба по формуле:

$R = P_i * D_i$ , где  $P_i$  – байесовская вероятность  $i$ -го последствия,  $D_i$  – предполагаемый ущерб при наступлении  $i$ -го последствия.

3. Ранжирование активов и выработка рекомендаций. При адаптации методики вместо ранжирования активов будет выполнено ранжирование как ЧС, так и их последствий; предусматривается разработка рекомендаций для каждого класса ЧС (превентивные, оперативные и ликвидационные мероприятия).

На этом этапе планируются адаптация и применение ЭС, в базе знаний которой будет содержаться набор правил, и машина вывода ЭС будет осуществлять вывод рекомендаций на основе существующих правил.

**Заключение.** В статье рассмотрен онтологический инжиниринг энергетических рисков в топливно-энергетическом комплексе, который, в свою очередь, является первым этапом формализации информации и структурирования знаний для последующих расчётов рисков. За основу были взяты выполненные ранее работы в области исследований проблем энергетической безопасности. Для оценки рисков предложена модифицированная методика оценки рисков нарушения кибербезопасности энергетической инфраструктуры.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке грантов БРФФИ №Т19РМ-025 и РФФИ №19-57-04003; РФФИ № 19-07-00351 и №18-07-00714.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аршинский, В.Л. Методический подход к событийному моделированию в исследованиях энергетической безопасности // Информационные и математические технологии в науке и управлении: труды XV Байкальской Всерос. конф. Иркутск: ИСЭМ СО РАН. 2010. Ч. II. С. 120-129.
2. Воропай Н.И., Клименко С.М., Ковалев Г.Ф., Криворучий Л.Д., Сендеров С.М., Славин Г.Б., Чельцов М.Б. Основные положения и методология мониторинга и индикативного анализа энергетической безопасности России и ее регионов. Иркутск: ИСЭМ СО РАН. 1998. 67 с.
3. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб: Питер, 2001. 384 с.
4. Ершов, А.Н. К вопросу об энергетической безопасности предприятий топливно-энергетического комплекса // Вестник АГТУ. Сер.: Экономика. 2013. №2. С. 133-137.
5. Концепция энергетической безопасности Республики Беларусь [Электронный ресурс]: утверждена постановлением Совета Министров Республики Беларусь 23 декабря 2015 г. № 1084. // Министерство энергетики Республики Беларусь. Режим доступа: [http://minenergo.gov.by/zakonodatelstvo/koncersii\\_i\\_proframmi/](http://minenergo.gov.by/zakonodatelstvo/koncersii_i_proframmi/) Дата доступа: 20.05.2020
6. Массель Л.В. Онтологический инжиниринг и управление знаниями для поддержки принятия стратегических решений по развитию интеллектуальной энергетики // Труды XX Российской научной конференции “Инжиниринг предприятий и управление знаниями (ИП&УЗ – 2017)”. М.: РЭУ им. Г.В. Плеханова. 2017. С. 59-65.
7. Массель Л.В. Фрактальный подход к структурированию знаний и примеры его применения // Онтология проектирования. 2016. Т. 6. №2 (20). С. 149-161.
8. Риски на рынке энергоресурсов: Классификация, последствия, угрозы. ИФИ, Москва. 2010.
9. Черняховская Л.Р., Федорова Н.И. Ситуационный подход к управлению взаимодействием сложных процессов на основе онтологического инжиниринга. XX Байкальская Всероссийская конференция “Информационные и математические технологии в науке и управлении”: труды. Иркутск: ИСЭМ СО РАН. 2015. Т. 3. С. 166-174.
10. Энергетическая безопасность России / В.В. Бушуев, Н.И. Воропай, А.М. Мастепанов, Ю.К. Шафраник и др. Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1998. 302 с.
11. De Leenheer P., de Moor A., Meersman R. Context dependency management in ontology engineering: A formal approach, J. Data Semantics (8), 2007. Pp. 26–56.

12. De Moor A., De Leenheer P., Meersman R. DOGMA-MESS: A meaning evolution support system for interorganizational ontology engineering, in: 14th International Conference on Conceptual Structures, ICCS of Lecture Notes in Computer Science, Springer (4068). 2006. Pp. 189–202.
  13. Gavrilova, T., Laird, D., 2005. Practical Design Of Business Enterprise Ontologies // In Industrial Applications of Semantic Web (Eds. Bramer M. and Terzian V.), Springer. Pp.61-81.
  14. Gruber T.R. A Translational Approach to Portable Ontologies // Knowledge Acquisition. 1993. V. 5. № 2. Pp. 199-220.
  15. Guarino N. Formal Ontology and Information Systems // Proceedings of International Conference of Formal Ontology and Information Systems (FOIS'98). N. Guarino (ed), Trenton, Italy, June 6-8, 1998. Amsterdam: IOS Press, 1998. Pp. 3-15.
  16. Mizoguchi R., Kozaki K, Sano T., Kitamura Y. Construction and Deployment of a Plant Ontology // Proceedings of the 12th European Workshop on Knowledge Acquisition, Modeling and Management. 2000. Pp. 113-128.
- 

**UDK 004.8:620.9**

**ONTOLOGICAL ENGINEERING OF ENERGY RISKS  
IN THE FUEL AND ENERGY COMPLEX**

**Aleksei G. Massel**

Ph.D., Senior researcher, Department of Artificial Intelligence Systems  
in the Energy Sector, Melentiev Energy Systems Institute  
Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences  
130, Lermontov Str., 664033, Irkutsk, Russia, e-mail: [amassel@isem.irk.ru](mailto:amassel@isem.irk.ru).

**Sergei A. Alexandrovich**

Master of Engineering sciences, researcher  
Institute of Power Engineering of NAS of Belarus  
Minsk, Republic of Belarus, e-mail: [serje.alex@gmail.com](mailto:serje.alex@gmail.com).

**Daria A. Gaskova**

Junior researcher, Department of Artificial Intelligence Systems  
in the Energy Sector, Melentiev Energy Systems Institute  
Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences  
130, Lermontov Str., 664033, Irkutsk, Russia, e-mail: [gaskovada@gmail.com](mailto:gaskovada@gmail.com).

**Abstract.** The article describes the main stages of ontological engineering of energy risks of the fuel and energy complex. The use of ontologies allows you to formalize the available information, and the use of ontological engineering allows you to structure knowledge about the subject area. The use of ontologies makes it possible to subsequently move to the technology of expert systems, which in turn should subsequently facilitate the process of decision support. In addition to the use of expert systems, the article also describes the use of Bayesian trust networks. It is the combination of the approaches used that makes it possible to obtain new results. This work is being carried out within the framework of a joint international project of the RFBR and the BRFFR.

**Keywords:** Ontologies, expert systems, risk assessment, Bayesian trust networks.

### References

1. Arshinskiy, V.L. Metodicheskiy podkhod k sobytiynomu modelirovaniyu v issledovaniyakh energeticheskoy bezopasnosti [Methodical approach to event-driven modeling in energy security research] // *Informatsionnye i matematicheskie tekhnologii v nauke i upravlenii: trudy XV Baykal'skoy Vseros. konf. Irkutsk: ISEM SO RAN = Information and mathematical technologies in science and management: proceedings of the XV Baikal All-Russian. conf. Irkutsk: ISEM SB RAS. 2010. P. II. Pp. 120–129.*
2. Voropay N.I., Klimenko S.M., Kovalev G.F., Krivorutskiy L.D., Senderov S.M., Slavin G.B., Chel'tsov M.B. Osnovnye polozheniya i metodologiya monitoringa i indikativnogo analiza energeticheskoy bezopasnosti Rossii i ee regionov [ Basic provisions and methodology for monitoring and indicative analysis of energy security in Russia and its regions]. Irkutsk: ISEM SB RAS, 1998. 67 p.
3. Gavrilova T.A., Khoroshevskiy V.F. Bazy znaniy intellektual'nykh system [ Knowledge base of intelligent systems]. SpB: Piter, 2001. 384 p.
4. Ershov, A.N. K voprosu ob energeticheskoy bezopasnosti predpriyatiy toplivno-energeticheskogo kompleksa [On the issue of energy security of enterprises of the fuel and energy complex] // *Vestnik AGTU. Ser.: Ekonomika. 2013. №2. Pp. 133-137.*
5. Kontseptsiya energeticheskoy bezopasnosti Respubliki Belarus' [Elektronnyy resurs]: utverzhdena postanovleniem Soveta Ministrov Respubliki Belarus' 23 dekabrya 2015 g. № 1084. [The concept of energy security of the Republic of Belarus [Electronic resource]: approved by the resolution of the Council of Ministers of the Republic of Belarus on December 23, 2015 № 1084] // *Ministerstvo energetiki Respubliki Belarus'. – Rezhim dostupa: [http://minenergo.gov.by/zakonodatelstvo/koncepcii\\_i\\_proframmi/](http://minenergo.gov.by/zakonodatelstvo/koncepcii_i_proframmi/) Data dostupa: 20.05.2020*
6. Massel' L.V. Ontologicheskiy inzhiniring i upravlenie znaniyami dlya podderzhki prinyatiya strategicheskikh resheniy po razvitiyu intellektual'noy energetiki [Ontological engineering and knowledge management to support strategic decision-making on the development of intellectual energy] // *Trudy XX Rossiyskoy nauchnoy konferentsii "Inzhiniring predpriyatiy i upravlenie znaniyami (IP&UZ – 2017)". M.: REU im. G.V. Plekhanova = Proceedings of the XX Russian Scientific Conference "Enterprise Engineering and Knowledge Management (IP & UZ - 2017)]. 2017. Pp. 59-65.*
7. Massel' L.V. Fraktal'nyy podkhod k strukturirovaniyu znaniy i primery ego pri-meneniya // *Ontologiya proektirovaniya [Fractal approach to structuring knowledge and examples of its application] // Ontology of design. 2016. T. 6. №2 (20). Pp. 149-161.*
8. Riski na rynke energoresursov: Klassifikatsiya, posledstviya, ugrozy. IFI, Moskva [Risks in the energy market: Classification, consequences, threats. IFI, Moscow] 2010.
9. Chernyakhovskaya L.R., Fedorova N.I. Situatsionnyy podkhod k upravleniyu vzaimodeystviem slozhnykh protsessov na osnove ontologicheskogo inzhiniringa . [A situational approach to managing the interaction of complex processes based on ontological engineering] // *XX Baykal'skaya Vserossiyskaya konferentsiya "Informatsionnye i matematicheskie tekhnologii v nauke i upravlenii": trudy. Irkutsk. ISEM SO RAN. = XX Baikal All-Russian Conference "Information and Mathematical Technologies in Science and Management": proceedings. Irkutsk: ISEM SB RAS]. 2015. T. 3. Pp. 66 - 174.*



10. Energeticheskaya bezopasnost' Rossii [Energy security of Russia] / V.V. Bushuev, N.I. Voropay, A.M. Mastepanov, Yu.K. Shafranik i dr. Novosibirsk: Nauka. Sibirskaya izdatel'skaya firma RAN = Novosibirsk: Science. Siberian Publishing Company RAS]. 1998. 302 p.
11. De Leenheer P., de Moor A., Meersman R. Context dependency management in ontology engineering: A formal approach, *J. Data Semantics* (8), 2007. Pp. 26-56.
12. De Moor A., De Leenheer P., Meersman R. DOGMA-MESS: A meaning evolution support system for interorganizational ontology engineering, in: 14th International Conference on Conceptual Structures, ICCS of Lecture Notes in Computer Science, Springer (4068). 2006. Pp. 189-202.
13. Gavrilova, T., Laird, D., 2005. Practical Design Of Business Enterprise Ontologies // In Industrial Applications of Semantic Web (Eds. Bramer M. and Terzyan V.)/ Springer. Pp. 61-81.
14. Gruber T.R. A Translational Approach to Portable Ontologies // *Knowledge Acquisition*. 1993. V. 5. № 2. Pp. 199-220.
15. Guarino N. Formal Ontology and Information Systems // Proceedings of International Conference of Formal Ontology and Information Systems (FOIS'98). N. Guarino (ed), Trenton, Italy, June 6 – 8, 1998. Amsterdam: IOS Press. 1998. Pp. 3-15.
16. Mizoguchi R., Kozaki K, Sano T., Kitamura Y. Construction and Deployment of a Plant Ontology // Proceedings of the 12th European Workshop on Knowledge Acquisition, Modeling and Management. 2000. Pp. 113-128.