

УДК 004.822: (620.9+504.05)

## ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМОВЛИЯНИЯ ЭНЕРГЕТИКИ И ГЕОЭКОЛОГИИ

Л.В. Массель<sup>1</sup>, И.Ю. Иванова<sup>2</sup>, Т.Н. Ворожцова<sup>3</sup>, Е.П. Майсюк<sup>4</sup>,  
А.К. Ижбулдин<sup>5</sup>, Т.Г. Зорина<sup>6</sup>, А.Р. Барсебян<sup>7</sup>

*Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, Иркутск, Россия*

<sup>1</sup> massel@isem.irk.ru, <sup>2</sup> nord@isem.irk.ru, <sup>3</sup> tnn@isem.irk.ru, <sup>4</sup> maysyuk@isem.irk.ru, <sup>5</sup> izhbuldin@isem.irk.ru

<sup>6</sup> *Институт энергетики НАН Беларуси, Минск, Беларусь, tanya.zorina@tut.by*

<sup>7</sup> *Инженерная академия Армении, Ереван, Армения, razmik.barseghyan@gmail.com*

### Аннотация

В статье представлен подход к решению проблемы оценки влияния энергетики на геоэкологию региона. Работа выполняется в рамках Международного проекта совместно с исследователями Беларуси и Армении при поддержке фондов ЕАПИ-РФФИ. Рассматриваются базовые понятия новой междисциплинарной области исследований – геоэкологии, основной задачей которой является изучение состояния жизнеобеспечивающих ресурсов под влиянием природных и антропогенных факторов. Влияние энергетики как одного из основных антропогенных факторов очевидно и требует специального исследования, в том числе и с точки зрения взаимосвязи основных понятий. Для учета требований геоэкологии к энергетике, связанных с необходимостью сохранения для нынешних и будущих поколений людей продуктивной природной среды, предлагается использовать понятие «качество жизни». В статье даётся определение основных понятий геоэкологии, имеющих отношение к исследованиям влияния энергетики на геоэкологию региона. Приведены примеры онтологий, отображающих основные взаимосвязи энергетики и геоэкологии. Для наглядности онтологии представлены в графическом виде, выполнены с использованием инструментария StarTools.

**Ключевые слова:** геоэкология, энергетика, антропогенный фактор, жизнеобеспечивающий ресурс, природный фактор, онтология, онтологический инжиниринг, база знаний.

**Цитирование:** Массель, Л.В. Онтологические аспекты исследования взаимовлияния энергетики и геоэкологии / Л.В. Массель, И.Ю. Иванова, Т.Н. Ворожцова, Е.П. Майсюк, А.К. Ижбулдин, Т.Г. Зорина, А.Р. Барсебян // Онтология проектирования. – 2018. – Т. 8, №4(30). – С.550-561. – DOI: 10.18287/2223-9537-2018-8-4-550-561.

### Введение

Исследования по оценке влияния энергетики на геоэкологию региона выполняются совместно с коллективами учёных Беларуси и Армении в рамках международного проекта при поддержке фондов ЕАПИ<sup>1</sup>-РФФИ. С одной стороны, обеспеченность энергетическими ресурсами является необходимой составляющей качества жизни, которое рассматривается как сочетание объективных (условия жизни) и субъективных (оценка этих условий индивидуумом) факторов. С другой стороны, негативное влияние объектов энергетики на экологию снижает качество жизни населения. Выявить вклад различных отраслей промышленности в воздействие на элементы природной среды достаточно сложно, особенно в части вклада в формирование уровня загрязнения. В настоящее время экологические оценки деятельности

---

<sup>1</sup> ЕАПИ – Евразийская Ассоциация поддержки научных исследований, учрежденная в июле 2016 г. по инициативе РФФИ совместно с партнерскими организациями Беларуси, Армении, Киргизии и Монголии.

объектов энергетики осуществляются путём проведения замеров и постоянного мониторинга эмиссии загрязняющих веществ в элементы природной среды, которые служат основой для разработки норм допустимых выбросов/сбросов/образования отходов. Кроме того, оценка вклада объектов энергетики в воздействие на элементы природной среды проводится с использованием статистической информации, государственных докладов «О состоянии и об охране окружающей среды», а также отчётных данных конкретных предприятий.

Основным критерием выделения влияния энергетических объектов на природную среду служит перечень характерных загрязняющих веществ, поступающих при их функционировании: водяной пар, углерод (сажа), сланцевая зола, мазутная зола ТЭЦ в пересчёте на пятиокись ванадия, пыль неорганическая, взвешенные вещества, диоксид серы, оксид углерода, оксиды азота, бенз(а)пирен, золошлаковые отходы.

При отсутствии достоверной информации оценку влияния энергетики можно провести по результатам вычислительного эксперимента с использованием существующих утверждённых Правительством РФ методик, например, по определению количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от котельных установок различной мощности.

В проекте поставлена фундаментальная научная проблема, которая заключается в разработке методов и геоинформационных технологий для оценки влияния энергетики на геоэкологию региона. Первоочередной задачей для решения этой проблемы является выполнение онтологического инжиниринга предметной области (ПрО).

С российской стороны объектом исследований является Байкальская природная территория, сопоставимая по размерам с территориями Беларуси и Армении. Исследования в разных странах ведутся параллельно, авторы обмениваются результатами, разрабатываемые совместно методы и технологии применяются к конкретным объектам энергетики в каждой стране. Для реализации проекта российской стороной предложена разработка Web-ориентированной информационной системы, которая интегрирует математические и семантические методы, инструментальные средства оценки влияния энергетики на геоэкологию региона, базу знаний и геоинформационную систему. При разработке интерфейса предполагается реализовать, в частности, подсистемы описания знаний и манипулирования знаниями, что требует выполнения онтологического инжиниринга исследуемой ПрО и разработки системы онтологий для формализованного представления знаний.

## **1 Геоэкология и её связь с энергетикой**

Термин «геоэкология» ввёл немецкий географ Карл Тролль в 1930-х годах, понимая под ней географическую, то есть ландшафтную экологию<sup>2</sup>. С тех пор этот термин существенно видоизменился, но до сих пор нет его однозначной трактовки. В [1, 2] предлагается определение: «Геоэкология – междисциплинарное научное направление, объединяющее исследования состава, строения, свойств, процессов, физических и геохимических полей геосфер Земли как среды обитания человека и других организмов». В некоторых случаях геоэкологию определяют, как комплексную прикладную дисциплину, которая отличается от биологических и соответствует географическим или геологическим дисциплинам. Это определение не противоречит определению, данному в [1, 2]. Основной задачей геоэкологии является изучение изменений жизнеобеспечивающих ресурсов геосферных оболочек под влиянием природных и антропогенных факторов, их охрана, рациональное использование и контроль с целью сохранения для нынешних и будущих поколений людей продуктивной природной среды. Иными словами, термин геоэкология сочетает в себе несколько понятий, объединяющих

<sup>2</sup> Марков К.К. Карл Тролль и современная география / Изв. АН СССР. Серия «География». 1976. -№ 3. - С. 145-154.

характеристики и свойства геосферных оболочек Земли и их изменения под воздействием деятельности человека [1-5].

В 1993 г. академик РАН В.И. Осипов дал своё определение геоэкологии как науки, изучающей геосферные оболочки Земли и происходящие в них изменения под воздействием как природных, так и антропогенных факторов [5]. К геосферным оболочкам Земли отнесены литосфера, атмосфера, гидросфера и биосфера, т.е. живая (растительность, живые организмы, в том числе человек) и неживая природа (минеральная основа), которые взаимодействуют друг с другом, создавая необходимые условия и свойства для поддержания устойчивости своей системы (оболочки).

В качестве антропогенного фактора принято рассматривать деятельность человека, способную преобразовывать и изменять состав, структуру и свойства геосферных оболочек и формировать новые специфические геосферные оболочки: ноосферу и техносферу. В данном исследовании в качестве антропогенного фактора рассматривается функционирование энергетических объектов и их влияние на элементы природной среды (или геосферные оболочки). Для оценки вредных выбросов объектами энергетики используются нормативные методики и результаты вычислительных экспериментов с использованием математических методов и моделей, в т.ч. моделей рассеивания (переносов загрязнений по воздуху).

К энергетическим объектам относятся предприятия по добыче топливно-энергетических ресурсов: угля, нефти, природного газа, торфа, а также предприятия, преобразующие добытые топливно-энергетические ресурсы в тепловую и электрическую энергию, и энергообъекты, осуществляющие передачу энергии конечному потребителю [6].

В каждом виде деятельности (от добычи до передачи) энергообъекты оказывают антропогенное влияние на все элементы природной среды (геооболочки). На атмосферу влияние оказывается посредством поступления загрязняющих веществ, не присущих воздушному бассейну, так называемых выбросов, на гидросферу – посредством сбросов загрязнённых стоков, образованных в результате энергетического производства. Воздействие на литосферу связано с нарушением ландшафтов и образованием значительного количества отходов (углебодычи или золошлаковые), в том числе происходит изъятие значительных территорий под их складирование. Кроме того, энергетическое производство и передача энергоресурсов связаны с шумовым, тепловым и электромагнитным воздействием на природную среду, что характеризует воздействие на биосферу в целом.

Систематизация и анализ существующих данных о воздействии энергетики на природную среду позволяют выделить наибольшее влияние того или иного вида деятельности на геоэкологию. Так, добыча топливно-энергетических ресурсов в большей степени связана с воздействием на литосферу (отходы) и гидросферу (смывные или буровые воды). Преобразование топлива в энергию связано с бóльшим влиянием на атмосферу, когда генерирующие объекты выбрасывают загрязняющие вещества, характерные при сжигании органических топлив, в воздушный бассейн (твёрдые примеси и газообразные компоненты), а в гидросферу поступают подогретые нормативно-чистые воды, нарушая гидробиологический и химический состав вод.

В целом наибольшее влияние энергетики на природную среду происходит через атмосферу, куда попадает значительный объём вредных загрязняющих веществ, в отдельных случаях способных распространяться на большие расстояния и выпадать на значительные площади, вымываться из воздуха и осаждаться на водные поверхности и почвы.

Как правило, при постановке и решении экологических проблем рассматривается уровень загрязнения в целом, без выделения составляющей, создаваемой энергетическими объектами. Это обосновано с точки зрения конечного результата, но затрудняет планирование и выполнение мероприятий по снижению негативного влияния энергетических объектов на

геоэкологию региона. Исследования в этой области проводятся, как в России, например [7, 8] (в т.ч., исследования авторов - [12, 13]), так и в других странах [9-11].

Таким образом, развитие энергетики позволяет, с одной стороны, улучшать условия жизни населения (биосферного элемента геоэкологии), с другой, посредством негативного влияния на элементы природной среды и человека – их ухудшать. В рассматриваемом проекте ставится проблема разработки методов и технологий оценки влияния энергетики на геоэкологию региона с учётом качества жизни населения [14].

## **2 Базовый тезаурус исследуемой предметной области**

Для решения проблемы оценки влияния энергетики на геоэкологию необходимо согласовать терминологию, отражающую взаимосвязи этих ПрО. Базовая терминология, являющаяся пересечением в рассматриваемых ПрО, касается, главным образом, природных ресурсов, которые энергетическая отрасль непосредственно широко потребляет, а геоэкология изучает с точки зрения их сохранения и контроля за рациональным использованием. Анализ приведённых некоторых определений основных терминов показывает тесные взаимосвязи этих ПрО. Определения в области геоэкологии базируются на источниках [1-5], определения из области энергетики соответствуют [7].

*Геоэкология* - базовое определение и его варианты приведены в разделе 1 (иногда рассматривается как синоним ландшафтной экологии - географическая экология).

*Природные ресурсы* – элементы природы, необходимые человеку для его жизнеобеспечения и вовлекаемые им в материальное производство (атмосферный воздух, вода, почва, солнечная энергия, полезные ископаемые, растительность, животный мир, климат и др.).

*Геосфера* – сферические оболочки, формирующие планету Земля.

*Литосфера* – твёрдая оболочка Земли, состоит из земной коры и верхней части мантии.

*Атмосфера* – газовая оболочка, окружающая планету Земля

*Гидросфера* – водная оболочка Земли; её принято делить на Мировой океан, континентальные поверхностные воды и подземные воды.

*Биосфера* – оболочка Земли, заселённая живыми организмами, находящаяся под их воздействием и занятая продуктами их жизнедеятельности; глобальная экосистема Земли.

*Техносфера* – часть биосферы, преобразованная людьми с помощью прямого и косвенного воздействия технических средств в целях наилучшего соответствия социально-экономическим потребностям человечества.

*Антропогенный фактор* – экологический фактор, обусловленный различными формами влияния деятельности человека на природу. Антропогенные факторы могут быть первичными, или прямыми (истребление, акклиматизация, интродукция), и вторичными, или косвенными (вырубка лесов, осушение болот, распашка земель и тому подобное).

*Энергетика* – область народного хозяйства, науки и техники, охватывающая энергетические ресурсы, производство, передачу, преобразование, аккумулирование, распределение и потребление различных видов энергии<sup>3</sup>.

*Производственный процесс* – совокупность технологических и иных необходимых для производства процессов и операций, включая трудовую деятельность и функции работающих<sup>4</sup>. В энергетике основные производственные процессы включают: добычу и транспортировку топлива, переработку топлива и преобразование его в энергию, преобразование в энергию возобновляемых природных энергоресурсов, транспортировку энергии.

<sup>3</sup> ГОСТ 19431-84 Энергетика и электрификация. Термины и определения. Государственный комитет СССР по стандартам.

<sup>4</sup> ГОСТ 12.3.002-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Процессы производственные. Общие требования безопасности

*Энергетический ресурс* – совокупность природных и производственных энергоносителей, запасённая энергия которых при существующем уровне развития техники и технологии доступна для использования в хозяйственной деятельности<sup>5</sup>.

Первичные энергетические ресурсы – это энергия природного происхождения (природное топливо, энергия водных ресурсов, энергия солнца, ветра и др. виды).

Вторичные энергетические ресурсы – это энергия, образующаяся в результате переработки или преобразования различных видов топлива, а также в результате производственных процессов (продукты нефтепереработки, отработанный пар, отходы тепла, сбережённая энергия и др. виды).

Топливо-энергетические ресурсы – это энергия различных видов топлива (каменный и бурый уголь, нефть, горючие газы, горючие сланцы, торф, дрова и др. виды).

Возобновляемые природные энергетические ресурсы (ВПЭР) – ресурсы, запас которых непрерывно возобновляется природой (энергия солнца, энергия вод, энергия приливов, геотермальная энергия, тепловая энергия земли, воздуха, воды, биомасса и др. виды).

Невозобновляемый энергетический ресурс – ресурс, запас которого принципиально исчерпаем (минеральное топливо, уран и др. виды).

*Продукт (в энергетике)* – вырабатываемые (добываемые) и потребляемые электроэнергия, теплоэнергия, топливо.

*Топливо* – вещества, которые могут быть использованы в хозяйственной деятельности для получения тепловой энергии, выделяющейся при его сгорании<sup>5</sup>.

*Ландшафт* – территориальная система, состоящая из взаимодействующих природных или природных и антропогенных компонентов и комплексов более низкого таксономического ранга. Основные составные части ландшафта представлены фрагментами отдельных сфер географической оболочки<sup>6</sup>.

*Выброс* – поступление в окружающую среду (воду, атмосферу) загрязняющих веществ от промышленных или сельскохозяйственных предприятий. Различают выбросы от отдельных источников и суммарные выбросы от нескольких предприятий территории. Выбросы нормируются показателем предельно допустимого выброса.

*Отходы* – остатки продуктов или дополнительный продукт, образующиеся в процессе или по завершении определенной деятельности и не используемые в непосредственной связи с этой деятельностью<sup>7</sup>.

### 3 Онтологический инжиниринг предметной области

Проблема онтологического инжиниринга разных ПрО рассматривается как в российских, например, [15-18], так и в зарубежных работах [19-23].

В рамках реализации проекта по разработке методов и технологий для оценки влияния энергетики на геоэкологию региона предполагается разработка Web-ориентированной информационной системы, которая интегрирует математические и семантические методы и инструментальные средства оценки такого влияния, а также базу знаний и геоинформационную систему [14]. Выполнение онтологического инжиниринга обусловлено необходимостью формализации знаний как для построения баз данных и баз знаний, так и для реализации интерфейса, включающего подсистемы описания знаний и манипулирования знаниями.

Онтологический инжиниринг, как процесс разработки системы онтологий, включает анализ реально протекающих и взаимодействующих процессов с целью выявления основных классов сущностей, их свойств, а также отношений между этими классами, определяющих их поведение и изменение в процессе взаимодействия [15-18].

---

<sup>5</sup> ГОСТ Р 51387-99. Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. Основные положения.

<sup>6</sup> ГОСТ 17.8.1.01-86 Охрана природы. Ландшафты. Термины и определения.

<sup>7</sup> ГОСТ 30772-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения.

В работе предполагается разработка системы онтологий в соответствии с фрактальным подходом, предполагающим введение метауровней и их дальнейшее расслоение, предусматривающее всё большую степень детализации на каждом следующем уровне (слое) [24]. Метаонтология верхнего уровня отражает наиболее общие связи между базовыми понятиями энергетики и геоэкологии (рисунок 1). На рисунке показано, что непосредственное влияние на природную среду оказывают антропогенные факторы, создаваемые производственным процессом энергетической отрасли.

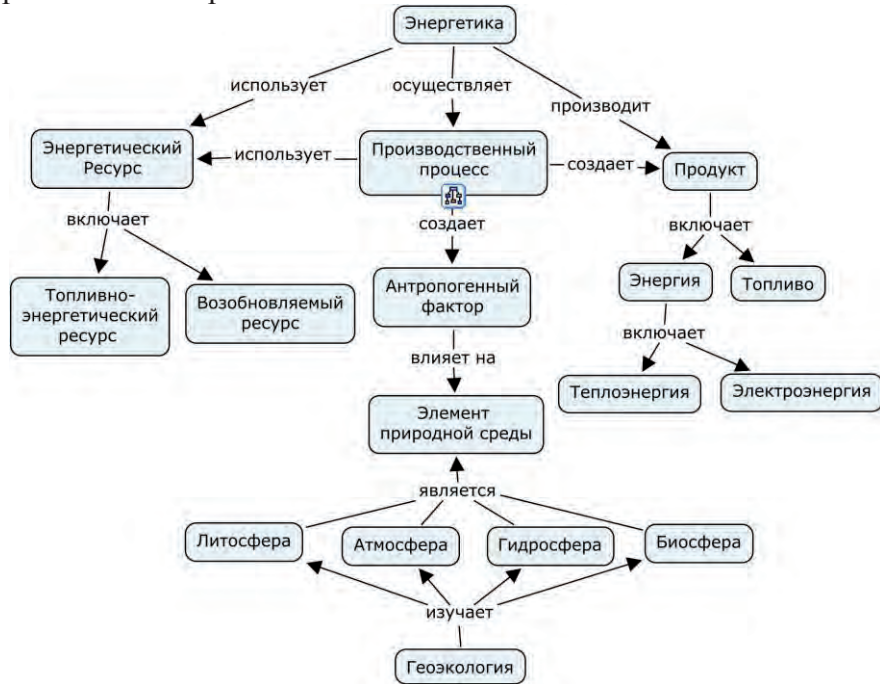


Рисунок 1 – Метаонтология взаимосвязей энергетики и геоэкологии

Сложный производственный процесс в энергетике включает несколько этапов (добыча, транспортировка, переработка топлива, преобразование топлива в энергию, транспортировка энергии), результатом которых являются основные энергетические продукты (рисунок 2).

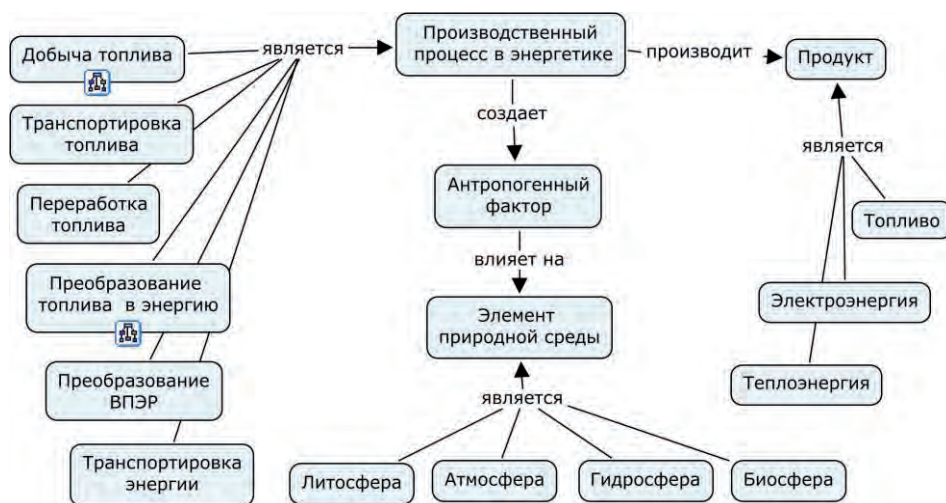


Рисунок 2 – Онтология производственного процесса в энергетике

На разных этапах производственного процесса в энергетике формируются различные антропогенные факторы. Например, добыча топлива приводит к нарушению ландшафта, изъ-

тию территории, образованию отходов в больших количествах, создаёт выбросы в атмосферу (рисунок 3). На этапе преобразования топлива в энергию основными антропогенными факторами являются отходы, такие как зола и шлак, и выбросы, включающие твёрдые частицы и газообразные вещества (рисунок 4).

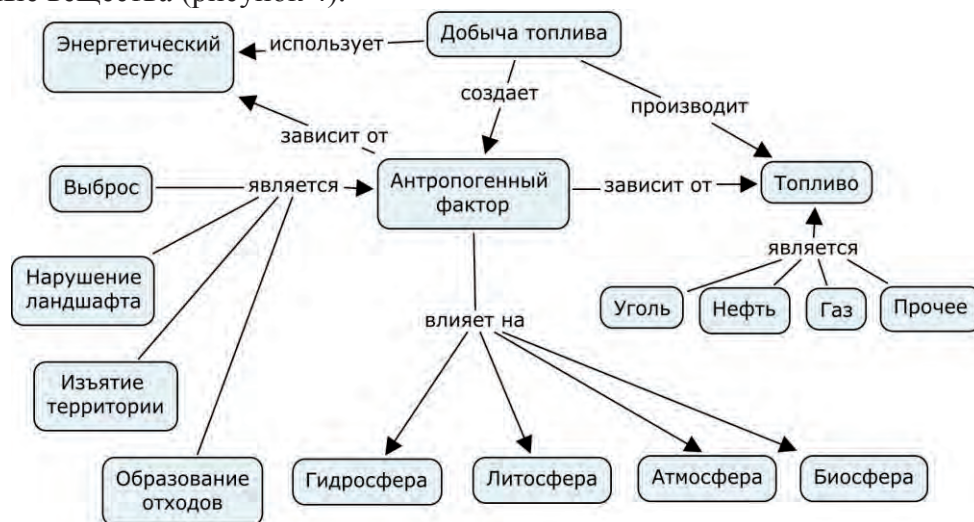


Рисунок 3 – Онтология этапа добычи топлива

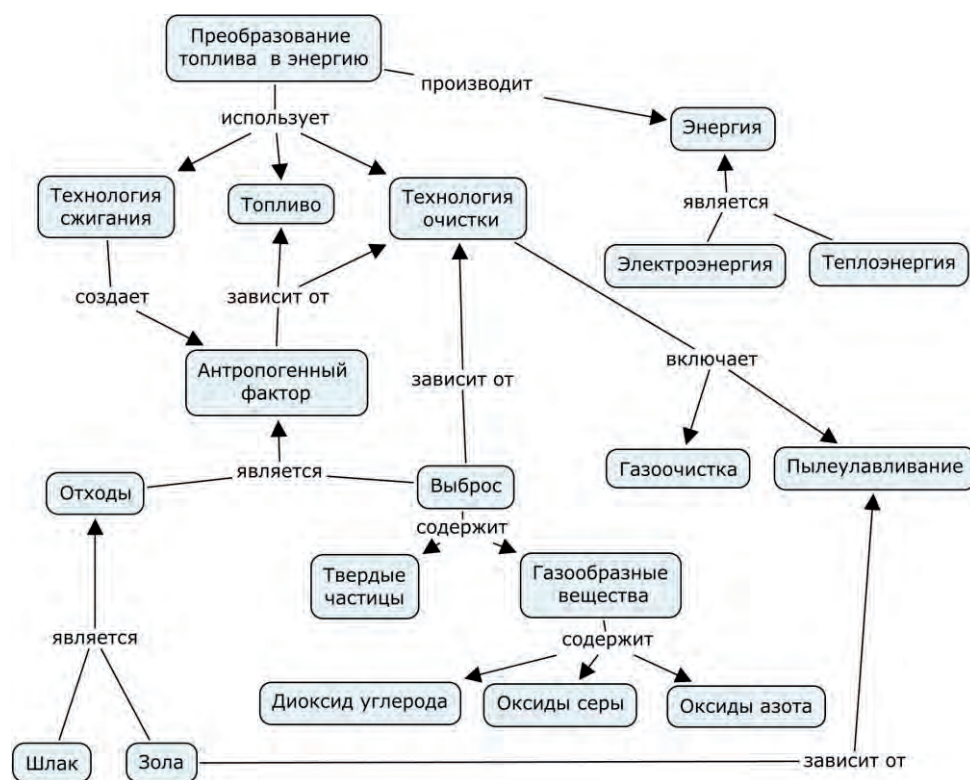


Рисунок 4 – Онтология процесса преобразования топлива

Приведённые примеры онтологий являются лишь частью системы онтологий, которые используются для формирования баз данных и знаний, интеграции информации и её совместной обработки. В этом случае онтологии рассматриваются как прообраз инфологической модели данных (модель «сущность-связь») [25]. Иначе говоря, онтологические модели преобразуются в инфологические модели данных, на основе которых проектируются базы дан-

ных (БД) и базы знаний (БЗ) [26]. Описания данных и знаний помещаются в соответствующие БД и БЗ, а операторы манипулирования данными и знаниями реализуются в первом случае – средствами систем управления базами данных, а во втором – машиной вывода или специальным языком управления знаниями [14].

## **Заключение**

В статье представлены результаты этапа исследований по реализации международного проекта, связанного с работой по формированию подсистем описания данных и знаний и манипулирования ими при разработке интерфейса Web-ориентированной информационной системы. Рассмотрены проблемы, изучаемые геоэкологией, и продемонстрированы основные взаимосвязи этой науки с энергетикой, которая на разных этапах своего производственного процесса формирует антропогенные факторы, влияющие на элементы природной среды, исследуемые геоэкологией. Выполнен онтологический инжиниринг ПрО и представлены примеры онтологий, отражающие взаимосвязи основных базовых понятий из области геоэкологии и энергетики. Предлагается учитывать требования геоэкологии к снижению негативного влияния энергетики, используя понятие «качество жизни» [14].

## **Благодарности**

Работа выполняется в рамках Международного проекта «Методы и технологии оценки влияния энергетики на геоэкологию региона» при финансовой поддержке фонда Евразийской Ассоциации поддержки научных исследований (ЕАПИ), грантов РФФИ № 18-57-81001, № 16-07-00474 и № 16-07-00569. Авторы выражают благодарность этим фондам.

## **Список источников**

- [1] Геоэкология // Геологический словарь [в 3 т.] / Гл. ред. О. В. Петров. 3-е изд., перераб. и доп. СПб: ВСЕГЕИ. 2010. Т.1. А-Й. - С.244. ISBN 978-5-93761-171-0.
- [2] Геоэкология // Экологическая энциклопедия: В 6 т. / Гл. ред. В.И. Данилов-Данильян. М.: Изд-во «Энциклопедия». 2010. Т.2. Г-И. - С.22.
- [3] *Голубев, Г.Н.* Геоэкология / Г.Н. Голубев. – М.: Геос, 1999. – 338 с.
- [4] *Дмитриев, В.В.* Прикладная экология / В.В. Дмитриев, А.И. Жиров, А.Н. Ласточкин. – М.: Академия, 2008. – 608 с.
- [5] *Осипов, В.И.* Геоэкология – междисциплинарная наука об экологических проблемах геосфер / В.И. Осипов // Геоэкология. 1993. – № 1. – С. 4-18.
- [6] Системные исследования в энергетике: Ретроспектива научных направлений СЭИ–ИСЭМ / Отв. ред. Н.И. Воропай. – Новосибирск: Наука, 2010. – 686 с.
- [7] *Павлова, З.Х.* Оценка и обеспечение безопасности эксплуатации нефтегазопроводов в условиях нестационарности технологических параметров / З.Х. Павлова, Х.А. Азметов, Н.Х. Абдрахманов, А.Д. Павлова // Известия ТПУ, 2018. – №329 (1). – С.132-139.
- [8] *Осипова, Н.А.* Влияние угледобывающих предприятий на загрязнение снегового покрова прилегающих урбанизированных территорий (на примере г. Междуреченск) / Н.А. Осипова, А.А. Быков., А.В. Таловская, А.Н. Николаенко, Е.Г. Язиков, С.А. Ларин // Известия ТПУ, 2017. – №328 (12). – С. 36-46.
- [9] Energy, Climate Change, Environment/ International Energy Agency, 2016. – 133 p.
- [10] *К. Pavlickova , А. Miklosovicova, М. Vyskupova .* Effects of Sustainable Energy Facilities on Landscape: A Case Study of Slovakia // Designing Low Carbon Societies in Landscapes, Ecological Research Monographs, Chapter 7. Eds. N. Nakagoshi and J.A. Mabuhay, © Springer Japan, 2014.- P.109-127. DOI 10.1007/978-4-431-54819-5\_7.
- [11] *Hussey, K.* The Energy–Water Nexus: Managing the Links between Energy and Water for a Sustainable Future / K. Hussey, J. Pittock // Ecology and Society 17(1): 31. 2012. - <http://dx.doi.org/10.5751/ES-04641-170131>.
- [12] *Санеев, Б.Г.* Учет региональных особенностей в методах оценки воздействия энергетики на природную среду / Б.Г. Санеев, Е.П. Майсюк, И.Ю. Иванова // Известия РАН. Энергетика. - 2016. - №6. - С.79-85.



- [13] **Майсюк, Е.П.** Роль энергетики в экологическом состоянии Байкальской природной территории / Е.П. Майсюк // География и природные ресурсы. - 2017. - № 1. - С.100-107. DOI:10.21782/GiPR0206-1619-2017-1(100-107).
- [14] **Массель, Л.В.** Проблема оценки влияния энергетики на геоэкологию региона: постановка и пути решения // Информационные и математические технологии в науке и управлении. - 2018. - №2 (10). - С. 5-21. DOI:10.25729/2413-0133-2018-2-01
- [15] **Гаврилова, Т.А.** Онтологический инжиниринг / Т.А. Гаврилова // Технологии менеджмента знаний. - [http://www.kmtec.ru/publications/library/authors/ontolog\\_engineering.shtml](http://www.kmtec.ru/publications/library/authors/ontolog_engineering.shtml).
- [16] **Черняховская, Л.Р.** Ситуационный подход к управлению взаимодействием сложных процессов на основе онтологического инжиниринга / Л.Р. Черняховская, Н.И. Федорова // XX Байкальская Всероссийская конференция «Информационные и математические технологии в науке и управлении»: труды, 2015. - Т. 3. - Иркутск: ИСЭМ СО РАН. - С. 166 - 174.
- [17] **Массель, Л.В.** Онтологический инжиниринг для поддержки принятия стратегических решений в энергетике / Л.В. Массель, Т.Н. Ворожцова, Н.И. Пяткова // Онтология проектирования. - 2017. - Том. 7. - №1 (23).. - С. 66-76. - DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-1-66-76.
- [18] **Массель, Л.В.** Фрактальный подход к структурированию знаний и примеры его применения / Л.В. Массель // Онтология проектирования. - 2016. - №2(20). - С. 149-161. DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-2-149-161.
- [19] **Ceccaroni L.** WaWO – An ontology embedded into an environmental decision-support system for wastewater treatment plant management / L. Ceccaroni, U. Cortés, M. Sánchez-Marré // In Proceedings of ECAI2000 – Wo9: Applications of ontologies and problem-solving methods. – Berlin, Germany, 2000. – P. 2.1-2.9
- [20] **Cuena J.** (Editor). Knowledge Engineering and Agent Technology. IOS. – 2000.
- [21] **De Leenheer P.** Context dependency management in ontology engineering: A formal approach, / P. De Leenheer, A. de Moor, R. Meersman // J. Data Semantics (8). – 2007. – P.26–56.
- [22] **De Moor A.** DOGMA-MESS: A meaning evolution support system for interorganizational ontology engineering / A. De Moor, P. De Leenheer, R. Meersman // 14th International Conference on Conceptual Structures, ICCS of Lecture Notes in Computer Science, Springer (4068). – 2006. – P.189–202.
- [23] **Suarez-Figueroa, M.C.** (Eds.). Ontology engineering in a networked world / M.C. Suarez-Figueroa, A. Gomez-Perez, E. Motta, A. Gangemi. – Springer Science & Business Media, 2012.
- [24] **Массель, Л.В.** Онтологический инжиниринг ситуационного управления в энергетике / Л.В. Массель, А.Г. Массель, Т.Н. Ворожцова, Н.Н. Макагонова // Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Знания, онтологии, теории» (ЗОИТ-2015). Т. 2. – 2015. – Новосибирск: ИМ СО РАН. – С.36-43.
- [25] Дейт К.Дж. Введение в системы баз данных, 8-е изд. М.: Изд. Дом «Вильямс», 2005.- 1328 с.
- [26] **Массель Л.В.** Отображения информационных объектов и предлагаемый способ их поддержки // В кн.: «Информационная технология исследований развития энергетики» / Л.Д. Криворуцкий, Л.В. Массель. – «Наука». Сиб. Изд. Фирма РАН, 1995. – С.62-67.
- 

## ONTOLOGICAL ASPECTS OF ENERGY AND GEOECOLOGY RELATIONSHIP RESEARCH

**L.V. Massel<sup>1</sup>, I.U. Ivanova<sup>2</sup>, T.N. Vorozhtsova<sup>3</sup>, E.P. Maysyuk<sup>4</sup>, A.K. Izhbuldin<sup>5</sup>, T.G. Zorina<sup>6</sup>, A.R. Barseghyan<sup>7</sup>**

*Melentiev Energy Systems Institute SB RAS, Irkutsk, Russia*

<sup>1</sup>massel@isem.irk.ru, <sup>2</sup>nord@isem.irk.ru, <sup>3</sup>tnn@isem.irk.ru, <sup>4</sup>maysyuk@isem.irk.ru, <sup>5</sup>izhbuldin@isem.irk.ru

<sup>6</sup>Institute of Energy of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus, tanyazorina@tut.by

<sup>7</sup>Engineering Academy of Armenia, Yerevan, Armenia, razmik.barseghyan@gmail.com

### Abstract

The article presents an approach to solving the assessing problem of the energy impact on the geoecology of region. The work is carried out within the framework of an international project jointly with researchers from Belarus and Armenia with the support of the EAPI-RFFI funds. Some basic concepts of a new interdisciplinary field of research - geoecology, whose main task is to study the state of life-supporting resources under the influence of natural and anthropogenic factors are considered. The impact of energy as one of the main anthropogenic factors is obvious and requires special research, including from the point of view of the interrelation of the basic concepts. In order to take into account

the requirements of geoecology to energy, related to the need to preserve a productive natural environment for present and future generations of people, it is proposed to use the concept of “quality of life”. Definitions of the basic concepts of geoecology, related to studies of the impact of energy on the geoecology of the region, are given. Examples of ontologies reflecting the main interrelationships of energy and geoecology are given. For clarity, ontologies are presented in a graphical form, executed using the toolkit CmapTools

**Keywords:** *geoecology, energetics, anthropogenous factor, life-supporting resource, natural factor, ontology, ontological engineering, knowledge base.*

**Citation:** *Massel, LV, Ivanova IU, Vorozhtsova TN, Maysuyk EP, Izhbuldin AK, Zorina TG, Barseghyan AR. Ontological aspects of investigation of energy and geoecology relationship [In Russian]. Ontology of designing. 2018; 8(4): 550-561. - DOI: 10.18287/2223-9537-2018-8-4-550-561.*

## Acknowledgment

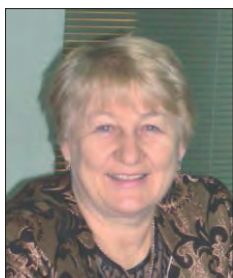
The work is carried out within the framework of the International Project "Methods and technologies for assessing the impact of energy on the ecology of the region" with the financial support of the RFBR grant № 18-57-81001, and the Eurasian Association for the Support of Scientific Research (EAPI).

## References

- [1] Geoecology [In Russian]. Geological Dictionary [in 3 volumes] / Ch. Ed. O.V. Petrov. 3rd ed., Revised. and additional. St. Petersburg: VSEGEI. – 2010. – V. 1. A-I. - P.244. ISBN 978-5-93761-171-0.
- [2] Geoecology [In Russian]. Ecological Encyclopedia: [In 6 volumes] / Ch. Ed. V.I. Danilov-Danilyan. Moscow: ООО "Izdatelstvo Encyclopedia", 2010. - V. 2. G-I. - P.22.
- [3] **Golubev GN.** Geoecology [In Russian]. – Moscow: Geos, 1999. – 338 p.
- [4] **Dmitriev VV, ZHirov AI, Lastochkin AN.** Applied ecology [In Russian]. - Moscow: Academy, 2008. – 608 p.
- [5] **Osipov VI.** Geoecology – interdisciplinary science on environmental issues of the geosphere [In Russian]. Geoecology, 1993; 1: 4-18.
- [6] System research in power engineering: Retrospective of scientific directions SEI–ISEM [In Russian]. Chief editor. N.I. Voropai. – Novosibirsk: Science, 2010. – 686 p.
- [7] **Pavlova ZH, Ahmetov HA, Abdrahmanov NH, Pavlova AD.** Assessment and safety of oil and gas pipelines operation in the unsteady technological parameters [In Russian]. Izvestiya TPU, 2018; 329(1): 132-139.
- [8] **Osipova NA, Bykov AA, Talovskaya AV, Nikolaenko AN, Yazikov EG, Larin SA.** The influence of coal mining enterprises on the pollution of the snow cover of adjacent urban areas (for example, Mezhdurechensk) [In Russian]. Izvestiya TPU, 2017; 328 (12): 36-46.
- [9] Energy, Climate Change, Environment/ International Energy Agency. 2016. – 133 p.
- [10] **Pavlickova K, Miklosovicova A, Vyskupova M.** Effects of Sustainable Energy Facilities on Landscape: A Case Study of Slovakia // Designing Low Carbon Societies in Landscapes, Ecological Research Monographs, Chapter 7. Eds. N. Nakagoshi and J.A. Mabuhay, © Springer Japan, 2014. – P.109-127. DOI 10.1007/978-4-431-54819-5\_7.
- [11] **Hussey K, Pittock J.** The Energy–Water Nexus: Managing the Links between Energy and Water for a Sustainable Future. Ecology and Society 17(1): 31. 2012. - <http://dx.doi.org/10.5751/ES-04641-170131>.
- [12] **Saneev BG, Maysuyk EP, Ivanova IYu.** Consideration of regional peculiarities in the methods of assessing the impact of energy on the natural environment [In Russian]. News of the Academy of Sciences. Energy. – 2016; 6: 79-85.
- [13] **Maysuyk EP.** The role of energy in the ecological state of the Baikal natural territory [In Russian]. Geography and natural resources. – 2017; 1: 100-107. - DOI: 10.21782 / GiPR0206-1619-2017-1 (100-107).
- [14] **Massel LV.** The problem of the impact assesment of energy on the geoecology of the region: setting and solutions [In Russian]. Information and mathematical technologies in science and management. – 2018; 2(10): 5-21. - DOI: 10.25729/2413-0133-2018-2-01.
- [15] **Gavrilova TA.** Ontological engineering. Electronic resource. Technologies of knowledge management [In Russian]. Rezhim dostupa: [http://www.kmtec.ru/publications/library/authors/ontolog\\_engeneering.shtml](http://www.kmtec.ru/publications/library/authors/ontolog_engeneering.shtml).
- [16] **Chernyahovskaya LR, Fedorova NI.** The situational approach to the management of the interaction of complex processes based on ontological engineering [In Russian]. XX Baikal All-Russian Conference « Information and mathematical technologies in science and management»: proceedings. – 2015; 3: 166-174.

- [17] *Massel LV, Massel AG, Vorozhtsova TN, Makagonova NN*. Ontological engineering of situational management in the energy sector [In Russian]. Materials of the All-Russian conference with international participation "Knowledge, ontology, theory» (ZONT-2015), 2015. V. 2. – Novosibirsk: IM SB RAS. – P.36-43.
- [18] *Massel LV, Vorozhtsova TN, Pyatkova NI*. Ontological engineering to support strategic decision-making in the energy sector [In Russian]. Ontology of designing. – 2017; 7(1): 66-76. – DOI: 10.18287 / 2223-9537-2017-7-1-66-76.
- [19] *Ceccaroni L, Cortés U, Sánchez-Marré M*. WaWO – An ontology embedded into an environmental decision-support system for wastewater treatment plant management. In Proceedings of ECAI2000 — Wo9: Applications of ontologies and problem-solving methods. — Berlin, Germany, 2000. – P. 2.1-2.9.
- [20] *Cuena J*. (Editor). Knowledge Engineering and Agent Technology. IOS. – 2000.
- [21] *De Leenheer P, de Moor A, Meersman R*. Context dependency management in ontology engineering: A formal approach, J. Data Semantics (8). – 2007. – P.26–56.
- [22] *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. – P.189-202.
- [23] *Suarez-Figueroa MC, Gomez-Perez A, Motta E, Gangemi A*. (Eds.). Ontology engineering in a networked world. – Springer Science & Business Media, 2012.
- [24] *Date C.J*. Introduction to database systems, 8th ed. M: Ed. House "Williams", 2005. - 1328 p.
- [25] *Massel LV, Krivorutsky LD*. The mapping of information objects and the proposed method of their support [In Russian] // In the book: "Information technology of the energy development research" - "The Science". Sib. Ed. Firm of RAS, 1995. – P.62-67.
- [26] *Massel LV*. Fractal approach to knowledge structuring and examples of its application [In Russian]. Ontology of designing. – 2016; 6(2): 149-161. - DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-2-149-161.

## Сведения об авторах



*Массель Людмила Васильевна*, 1949 г. рождения. Окончила Томский политехнический институт, факультет автоматики и вычислительной техники по специальности «Прикладная математика» (1971). Доктор технических наук (1995), профессор (1999). Главный научный сотрудник, зав. лабораторией информационных технологий Института систем энергетики (ИСЭМ) им. Л.А. Мелентьева СО РАН, профессор кафедры «Автоматизированные системы» Института высоких технологий Иркутского национального технического университета. В списке научных трудов более 220 статей в области семантического моделирования, проектирования информационных систем и технологий, разработки систем интеллектуальной поддержки принятия решений в области энергетики.

*Liudmila Vasilievna Massel* (b. 1949) graduated from the Tomsk Polytechnic Institute, Faculty of Automation and Computer Engineering in the specialty "Applied Mathematics" in 1971, Doctor of Technical Sciences (1995), professor (1999). Chief Researcher, Head of Information Technologies Laboratory in Melentiev Energy Systems Institute (ESI) SB RAS. Professor of Automated Systems Department of the High Technologies Institute in the Irkutsk National Research Technical University. The list of scientific works includes more than 220 articles in the field of semantic modeling, design of information systems and technologies, and the development of intelligent decision support systems in the field of energy solutions.



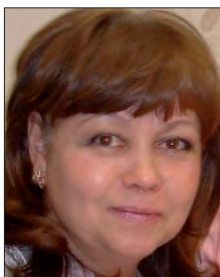
*Иванова Ирина Юрьевна*, 1959 г. рождения, к.э.н., зав. лабораторией энергоснабжения децентрализованных потребителей, ИСЭМ СО РАН. Победитель областного конкурса в области науки и техники. Образование: факультет кибернетики Иркутского политехнического института по двум специальностям: "Автоматизированное управление" и "Большие энергетические системы" (1981). Область научных исследований: малая энергетика, политика энергообеспечения потребителей в северных и отдаленных районах, моделирование финансово-хозяйственной деятельности автономных источников энергии. Имеет более 150 публикаций, включая главы и разделы в 25 коллективных монографиях.

*Irina Yurievna Ivanova* (b. 1959), PhD in economics, Head of the Laboratory of Energy Supply to Off-grid Consumers, ESI SB RAS. The winner of the regional competition in the field of science and technology. Education: Cybernetic faculty of the Irkutsk Polytechnic Institute with two specializations: in Computer-aided Management and Large Energy Systems (1981). Research area: small-scale energy, the policy of energy supply to consumers in the northern and remote areas, modeling of financial and economic activities of autonomous energy sources. Publications: more than 150 publications including chapters and sections in 25 collective monographs.



**Ворожцова Татьяна Николаевна**, 1952 г. рождения, к.т.н. (2008). Окончила Иркутский институт народного хозяйства (ИИНХ, ныне Байкальский государственный университет – БГУ) (1975). Ведущий инженер лаборатории информационных технологий в энергетике ИСЭМ СО РАН. В списке научных трудов более 30 работ в области автоматизации научных исследований, проектирования и программирования.

**Tatyana Nikolayevna Vorozhtsova** (b.1952) graduated from the Irkutsk Institute of National Economy (1975). Leading engineer of laboratory of information technologies in the energy sector of the ESI SB RAS. Author and co-author more 30 scientific articles in the field of automation of scientific research, design, and programming.



**Майсюк Елена Петровна** (1967 г.р.), к.э.н. (2002), старший научный сотрудник ИСЭМ СО РАН. В 1989 г. окончила Иркутский политехнический институт (энергетический факультет) по специальности инженер-теплоэнергетик. Область научных интересов связана с исследованиями экологических проблем в энергетике Восточной Сибири и Дальнего Востока. Является автором и соавтором более чем 85 публикаций, в том числе глав 20 коллективных монографий.

**Elena Petrovna Maysuyk** (b. 1967), PhD in economics (2002), Senior Researcher of the Laboratory of energy supply to off-grid consumers, Melentiev Energy Systems Institute SB RAS, Irkutsk. Education: Energy faculty of the Irkutsk Polytechnic Institute with specialization on Heat power plants (1989). Research area: environmental issues of energy systems development in East

Siberia and the Far East. Publications: more than 85 as the author and co-author, including chapters and sections in 20 collective monographs.



**Ижбулдин Александр Константинович** (1978 г.р.), ведущий специалист лаборатории энергоснабжения децентрализованных потребителей, ИСЭМ СО РАН. Образование: Иркутская государственная экономическая академия (2000), в настоящее время Байкальский государственный университет. Область научных интересов: разработка подходов, методов и моделей для технико-экономического обоснования схем энергоснабжения потребителей, использования альтернативных видов топлива в северных и отдаленных районах, а также на особо охраняемых природных территориях. Имеет более 30 публикаций.

**Alexander Konstantinovich Izhubl'din** (b. 1978) - Lead specialist of the Laboratory of energy supply to off-grid consumers, ESI SB RAS. Education: Irkutsk State Economic Academy (2000), nowadays Baikal State University. Research area: development of approaches, methods

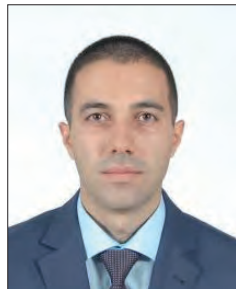
and models of feasibility study of power supply schemes of consumers, the use of alternative fuels in the Northern and remote areas, as well as in specially protected natural areas. Publications: more than 30 publications.



**Зорина Татьяна Геннадьевна**, 1973 г.р. В 1996 году окончила Белорусский государственный экономический университет (БГЭУ). В 2007 году защитила кандидатскую, а в 2017 докторскую диссертации по специальности экономика и управление народным хозяйством. В настоящее время - главный научный сотрудник Института энергетики Национальной академии наук Беларуси, зав. кафедрой экономики предпринимательства и права БГЭУ. Сфера научных интересов - экономика энергетики, устойчивое развитие, логистика и маркетинг.

**Tatsiana G. Zoryna** (b. 1973). Graduated from Belarusian State Economic University (BSEU) in 1996. Received the PhD degree in Economics and National Economy Management from BSEU in 2007 and Doctor Habilitatus in 2017. Chief researcher in the Institute of Power Engineering of the Academy of Sciences of Belarus, Chair of Business Economics and Law in BSEU. Her current interests

are energy economics, sustainable development, logistics and marketing.



**Барсегян Артак Размикович** (1981 г.р.), кандидат наук, автор более 60 научных работ. Представляет Республику Армения (РА) в руководящем совете научно-технологической организации НАТО, работал в качестве главного эксперта в Администрации Президента РА, действительный член Инженерной академии Армении, лауреат Американского фонда гражданских исследований и развития, обладатель почетной медали Инженерной академии Армении, Государственного комитета по науке при Министерстве образования и науки РА, а также ряда международных и местных наград, премий, грамот и дипломов.

**Dr. Artak Barseghyan** (b. 1981) is representing Republic of Armenia at NATO Science & Technology Board. He was Chief Expert at the Office of the President of Armenia (about 10 years). Dr. Barseghyan is a Full member of the International Academy of Engineering.

Scientific Committee Member, Invited lecturer, Key Speaker, Expert in events by UN, NATO, ICANN, CISCO, COE, etc. More than 60 publications.