

УДК 004.822: (620.9+504.05)

## СИСТЕМА ОНТОЛОГИЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АНТРОПОГЕННОГО ВЛИЯНИЯ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

**Ворожцова Татьяна Николаевна,**

к.т.н., вед. инженер отдела «Системы искусственного интеллекта в энергетике»

e-mail: [tnn@isem.irk.ru](mailto:tnn@isem.irk.ru)

**Майсюк Елена Петровна,**

к.э.н., с.н.с. лаборатории энергоснабжения децентрализованных потребителей

e-mail: [maysyuk@isem.irk.ru](mailto:maysyuk@isem.irk.ru)

**Иванова Ирина Юрьевна**

к.э.н., зав. лабораторией энергоснабжения децентрализованных потребителей

e-mail: [nord@isem.irk.ru](mailto:nord@isem.irk.ru)

Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева СО РАН,  
664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова 130

**Аннотация.** В работе предлагается разработка системы взаимосвязанных онтологий, предназначенных для формализованного описания и согласования терминологии разных предметных областей – энергетики и экологии, при выполнении исследований вредного воздействия объектов энергетики на окружающую среду. Работа выполняется в рамках проекта РФФИ «Методы построения онтологического пространства знаний для интеллектуальной поддержки принятия решений в энергетике и экологии с учетом качества жизни». Выполнен онтологический инжиниринг предметной области исследований. Рассматриваются методические подходы, используемые при исследовании проблемы антропогенного влияния объектов энергетики и проведении соответствующих количественных оценок. Для систематизации экологических оценок и установления зависимостей между основными показателями, описывающими влияние энергетической деятельности на элементы природной среды, предлагаются семантические методы, в частности онтологический инжиниринг предметной области. Онтологический подход систематизирует используемую базовую терминологию и позволяет наглядно представить взаимосвязи между элементами природной среды, объектами энергетики и их характеристиками, факторами воздействия, а также позволяет выстроить последовательность проведения исследований и систематизировать методическое обеспечение, применяемое для оценки влияния энергетики на природную среду.

**Ключевые слова:** Антропогенное влияние, антропогенный фактор, антропогенное воздействие, антропогенное загрязнение, онтологический инжиниринг, экология, энергетика.

**Цитирование:** Ворожцова Т.Н., Майсюк Е.П., Иванова И.Ю. Система онтологий для исследования антропогенного влияния объектов энергетики на окружающую среду.

//Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2020. № 1 (17). С. 89–104. DOI: 10.38028/ESI.2020.17.1.007

**Введение.** Оценка воздействия энергетических объектов на окружающую среду, несомненно, является актуальной проблемой. В ИСЭМ СО РАН выполняются работы по использованию семантических методов, в том числе онтологического моделирования данной предметной области. В настоящее время в институте при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований реализуется проект "Методы построения онтологического пространства знаний для поддержки интеллектуального принятия решений в энергетике и экологии с учетом качества жизни населения". Этот проект предполагает системный анализ методологии исследования воздействия энергетики на окружающую среду, существующих методов и моделей исследований, а также анализ источников информации и систематизацию показателей, используемых для реализации этих методов. В предлагаемой работе оценка влияния энергетического сектора означает комплексное рассмотрение взаимосвязи между процессами, происходящими на различных уровнях изучаемых явлений: от воздействия энергетических объектов, которое впоследствии создает антропогенное загрязнение, до последствий в виде изменения компонентов природной среды.

Онтологический инжиниринг предполагает разработку онтологий, обеспечивающих анализ и согласование терминологии предметных областей энергетики и экологии, пересекающихся в данном исследовании, установление взаимосвязей между используемыми терминами и структурирование необходимой для этого информации. Онтологический инжиниринг, выполненный ранее в области исследования взаимодействия энергетики и геоэкологии [7], отражает многообразие антропогенных факторов на различных стадиях процесса производства тепловой и электрической энергии. Антропогенное воздействие включает в себя все виды воздействия, производимого деятельностью человека на окружающую среду.

В статье выполняется анализ существующих методов оценки влияния объектов энергетики на окружающую среду с целью структурирования необходимого для этого методического обеспечения и основное внимание уделяется влиянию генерирующих объектов энергетики [6].

### **1. Влияние энергетики на природную среду и классификация антропогенных факторов.**

Антропогенное загрязнение природной среды в последние десятилетия носит глобальный характер. Современное воздействие человека на природу сводится к следующим основным формам, связанным с изменениями [4, 15, 22, 23]:

- ландшафта и структуры земной поверхности;
- состава биосферы;
- теплового баланса планеты или ее отдельных районов;
- растительного и животного мира.

Антропогенное воздействие приводит к изменению состояния природной среды, в составе которой появляются новые компоненты – загрязнения. Объектами загрязнений служат атмосфера, почва, вода, растения, животные, микроорганизмы. Источниками загрязнений являются промышленные предприятия, в том числе энергетические и коммунально-бытовые объекты.

Топливо-энергетический комплекс является одним из наиболее серьезных источников загрязнений. Антропогенное воздействие энергетики на биосферу проявляется на

всех стадиях производства энергии – при извлечении и транспортировке ресурсов, при производстве, передаче и потреблении энергии.

Функционирование предприятий энергетики оказывает влияние на все элементы природной среды – атмосферу, водные объекты, растительный и животный мир, человека. Добыча энергоресурсов связана с изменением ландшафта, образованием карьеров и отвалов. Транспортировка угля приводит к распространению вредных веществ в атмосфере и почве. При сжигании твердого органического топлива характерными вредными примесями являются сажа, зола, оксиды углерода, серы, азота, соединения тяжелых металлов, водяной пар и другие вещества, в том числе канцерогенные. При передаче электроэнергии вблизи линий электропередачи образуются электромагнитные поля. Работа энергетических установок всегда связана с выбросами тепловой энергии. Кроме того, из хозяйственного пользования изымаются большие площади земель. В целом оценка вредного влияния объектов энергетики на природную среду выполняется на основе системного анализа всех взаимосвязанных процессов на различных этапах производства тепловой и электрической энергии.

В этой связи необходимо учитывать виды, источники, уровни влияния различных антропогенных явлений и факторов. Существует множество классификаций антропогенных факторов по разным признакам – по характеру и объекту воздействия, по природе и количественным характеристикам воздействия [22]. Например, по общему характеру воздействия – это изменение ландшафтов, изъятие природных ресурсов, загрязнение окружающей среды. Объектами воздействия являются поверхность земли и ее недра, почва и растительность, водные объекты и атмосфера, а также, микроклимат среды обитания, животный мир, человек. Количественные характеристики воздействия включают пространственные масштабы (глобальные, региональные, локальные), силу воздействия, степень опасности и другие.

В общем случае в литературе [23] встречается классификация антропогенных факторов по следующим признакам:

- по природе – механический, физический, химический, ландшафтный;
- по физическим свойствам – вещество, процесс, явление, объект;
- по устойчивости вызываемых изменений в природе – временные обратимые изменения, относительно необратимые изменения, абсолютно необратимые изменения, антропогенный стресс экосистем;
- по способности накапливаться – только в момент производства, длительное время;
- по периодичности – непрерывно действующий фактор, периодический фактор, спорадический фактор;
- по способности к миграции – не мигрирующий, мигрирующий с потоками воды и воздуха, мигрирующий со средствами производства, мигрирующий самостоятельно.

## **2. Базовая терминология предметной области**

Для решения проблемы оценки влияния энергетики на природную среду необходимо согласовать терминологию, отражающую взаимосвязи предметных областей исследования: экологии природной среды и энергетики.

В данном исследовании рассматриваются следующие базовые понятия, связанные с влиянием энергетики на природную среду: энергетический объект, энергетический ресурс, элемент природной среды, на который осуществляется влияние вследствие возникновения

антропогенного фактора. На основе выполненного анализа существующих методов оценки этого влияния авторами предлагается отдельно рассматривать понятия антропогенного фактора, антропогенного воздействия, антропогенного загрязнения и последствий от этого загрязнения.

Далее приведены определения этих базовых понятий.

*Энергетический объект* – совокупность энергетических установок и вспомогательных устройств, объединенных территориально и технологически и предназначенных для совместного выполнения производственно-технических задач.

*Энергетический ресурс* – энергоноситель, который при данном уровне техники или в обозримой перспективе ее развития используется или может быть использован в энергетике.

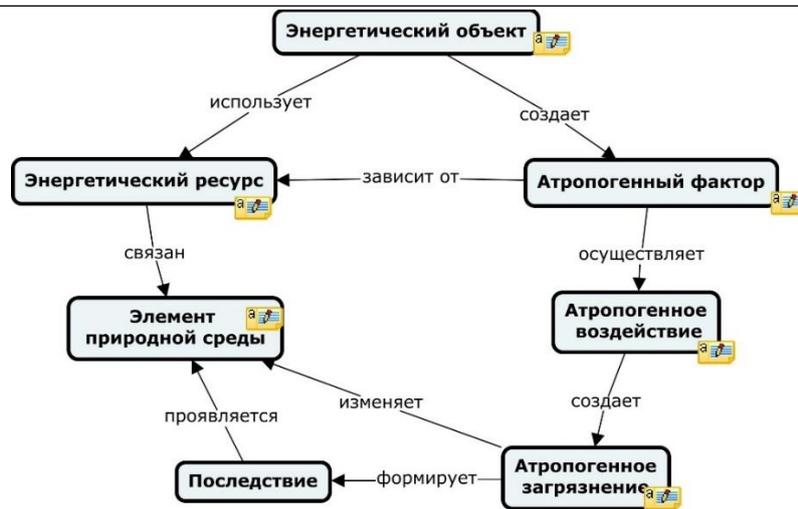
*Элемент природной среды* – это все, что помогает обеспечивать и поддерживать благоприятные условия для сохранения жизни на Земле. В эту категорию входят: земля, недра, почва, флора и фауна, мировой океан, атмосфера и околоземное космическое пространство.

*Антропогенный фактор* – причина антропогенного воздействия на природную среду, обусловленная процессом и условиями функционирования объекта, его характерными особенностями. Применительно к энергетическим объектам под антропогенными факторами понимаются эмиссии, отходы, излучение, шум, вибрация, радиация и т.п. Антропогенный фактор зависит от типа и вида энергоресурса и типа технологий энергетического объекта.

*Антропогенное воздействие* – следствие антропогенного фактора, процесс влияния хозяйственной или иной деятельности человека на элементы природной среды. Антропогенные факторы энергетических объектов оказывают физические, химическое, биологическое, электромагнитное, шумовое, радиационное воздействие на различные элементы природной среды. Уровень антропогенного воздействия определяется антропогенной нагрузкой, которая зависит от величины фактора, природных условий и длительности воздействия.

*Антропогенное загрязнение* – результат изменения в элементах природной среды, вызываемый антропогенным воздействием. Степень загрязнения зависит от антропогенной нагрузки и обуславливает концентрацию вредных веществ в элементах природной среды. Степень загрязнения определяется составом вредных веществ, способностью адаптироваться к антропогенному воздействию и его продолжительностью.

*Последствие* – результат антропогенного загрязнения. Это может быть изъятие территории, истощение земель, нарушение ландшафта, уничтожение растительного покрова, закисление почвы, заболевание животных и человека, высыхание водных объектов и т.п. Рисунок 1 демонстрирует основные взаимосвязи базовых понятий.



**Рис. 1.** Метаонтология влияния энергообъектов на природную среду

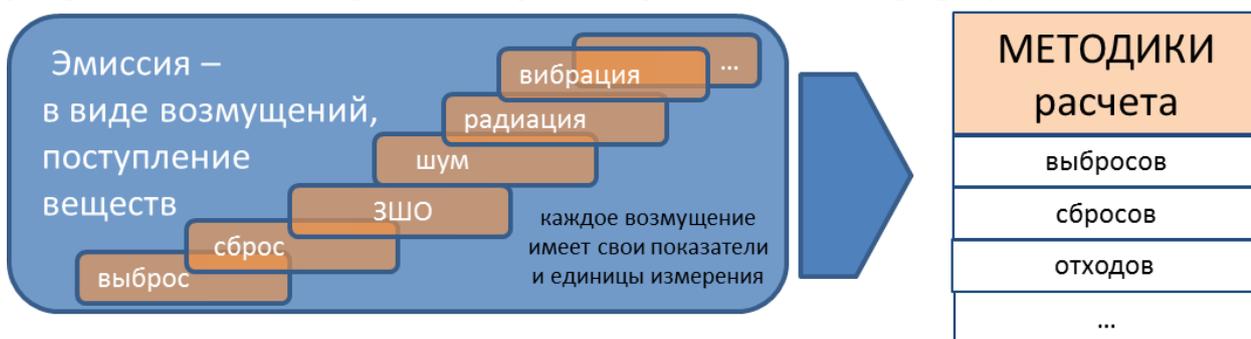
В выполняемом исследовании эти понятия рассматриваются как базовые классы метаонтологии, являющейся основой для более детального рассмотрения понятий следующих уровней разрабатываемой системы онтологий.

Таким образом, тщательное изучение каждого понятия дает возможность учесть все детали при изучении предметной области, классифицировать их и установить взаимосвязи для получения соответствующей информации.

### 3. Методическое обеспечение исследований влияния энергообъектов на природную среду

В данном исследовании под методическим обеспечением подразумевается методы количественной оценки взаимосвязей между понятиями и явлениями, отражающими влияние объектов энергетики на природную среду.

Рассматривая последовательно метаонтологию (рис. 1) необходимо пояснить, что в качестве антропогенного фактора рассматривается функционирование объектов энергетики, в результате которого изменяются состав, структура и свойства элементов природной среды: атмосферы, водных объектов, почв и живых организмов. В этой связи, первоочередным возмущением от деятельности объектов энергетики является эмиссия – поступление несвойственных примесей в элементы природной среды. Соответственно, эмиссия является количественной мерой антропогенного фактора. Для каждого элемента природной среды она выражается своим набором характеристик/показателей и имеет свои единицы измерения. Методическим обеспечением для количественной оценки могут служить существующие утвержденные методики расчета выбросов, сбросов, отходов и пр. (рисунок 2).



**Рис. 2.** Методическое обеспечение для количественной оценки антропогенного фактора

Антропогенный фактор влияния деятельности объектов энергетики выражается в антропогенном воздействии через показатели эмиссии. По сути, антропогенным воздействием является изменение элементов природной среды от поступивших возмущений (эмиссии). При этом количественные показатели эмиссии в совокупности с характеристиками свойств элементов природной среды позволяют определить, имеется ли для конкретного элемента природной среды воздействие, высокое оно или незначительное.

Свойства и состояние элементов природной среды описываются климатическими моделями, а «поведение» поступивших примесей описываются моделями их распространения. Количественной мерой воздействия является антропогенная нагрузка, которая оценивается на качественном уровне, как «высокая», «средняя» или «низкая».

Методическое обеспечение для исследования антропогенного воздействия связано со сбором и анализом данных о текущем состоянии с использованием Государственных докладов о состоянии природной среды. Также методическое обеспечение включает определенные климатические «поведенческие» модели, описывающие физические, термодинамические, химические процессы в элементах природной среды для конкретной территории.

Методическое обеспечение содержит следующие методы оценки:

- существующего (фонового) состояния элемента природной среды;
- анализа и сбора информации о загрязняющем веществе, его свойствах, опасности/вредности;
- способности элементов природной среды к адаптации, самоочищению, самовосстановлению.

Фактически в зависимости от силы воздействия (антропогенной нагрузки) и его продолжительности формируется загрязнение элементов природной среды. Степень или уровень загрязнения определяются составом вредных веществ, классом опасности загрязняющего вещества, способностью адаптироваться к антропогенному воздействию и его продолжительностью.

Оценка степени загрязнения элементов природной среды в результате воздействия связана с определением того количества вредных веществ, которое «выпадает» на поверхности и формирует уровни загрязнения. На этом этапе используются модели распространения вредных примесей в различных средах с целью определения плотности выпадения загрязняющих веществ на поверхности почв, водоемов, которые впоследствии вымываются из воздуха и попадают в живые организмы – растения, животные, человека (рис.3).

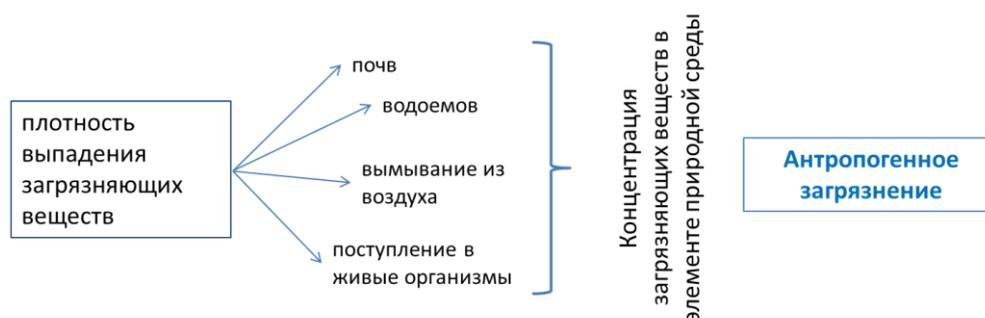


Рис. 3. Схема формирования антропогенного загрязнения в зависимости от плотности выпадения загрязняющих веществ

Таким образом, антропогенное загрязнение от эмиссии и воздействия объектов энергетики формирует последствия в элементах природной среды, а результатом последствий выступают произошедшие изменения: изъятие, истощение, нарушение, уничтожение, закисление, заболевание, высыхание и пр.

Методическим обеспечением для оценки последствий является систематизация существующих норм качества по каждому элементу природной среды. Сравнение норм и сформированных уровней загрязнения в виде концентраций и плотности выпадений позволит оценить влияние деятельности объектов энергетики на природную среду. Количественной мерой последствий в данном исследовании принимается сравнение концентраций с существующими нормами загрязняющих веществ (ПДК) - кратность их превышения или не превышения в элементах природной среды.

Таким образом, совокупность этих четырех компонентов исследования позволяет сформировать методическое обеспечение для оценки влияния энергетических объектов на природную среду (таблица 1).

**Таблица 1.** Методическое обеспечение исследования влияния объектов энергетики на природную среду

Компонент исследования	Количественная мера	Методическое обеспечение
Антропогенный фактор	Выброс, сброс, золошлаковые отходы	Методики расчета выбросов [8, 9, 12], сбросов, отходов от энергообъектов [11, 13]
Антропогенное воздействие	Антропогенная нагрузка, показатели состава загрязняющих веществ, их опасности, климатические и орографические характеристики территории	Оценка фоновое состояние элементов природной среды и информации об их свойствах Систематизация информации о свойствах вредных веществ от энергетики [5, 16, 21]. Климатические «поведенческие» модели, описывающие физические, термодинамические, химические процессы в элементах природной среды [1, 2]
Антропогенное загрязнение	Концентрация загрязняющих веществ, плотность выпадения	Модели распространения загрязняющих веществ в различных средах (с учетом рельефа подстилающей поверхности) [10, 24, 25]

<p>Последствие антропогенного загрязнения</p>	<p>Кратность превышения норм ПДК для различных сред, нормативов допустимых выбросов/сбросов и пр.</p>	<p>Систематизация существующих норм качества по каждому элементу природной среды [17-19]</p>
---	---	--

В ряде случаев в качестве методического обеспечения могут служить и статистические материалы, отчетные данные о деятельности предприятий энергетики и государственные доклады о состоянии природной среды как в целом по России, так и для отдельных субъектов.

#### 4. Онтологический инжиниринг

Онтологический инжиниринг – это процесс проектирования и разработки онтологий для анализа знаний предметной области, включающий извлечение, структурирование и формализацию знаний. Конечной целью онтологического инжиниринга является формализованное представление знаний предметной области для его дальнейшего использования в системе работы со знаниями и управления знаниями [3, 14, 20].

В выполняемом исследовании разработка онтологий необходима для:

- уточнения и согласования терминологии разных предметных областей – экологии и энергетики;
- определения базовых понятий в исследовании антропогенного влияния энергетики на природную среду;
- систематизации взаимосвязей между понятиями и выявление классов и подклассов онтологий;
- структурирования знаний и информации с учетом выполняемых исследований.

На данном этапе разрабатывается комплекс онтологий, относящихся по классификации к неформальным онтологиям. Они являются результатом обсуждения и уточнения терминов и их определений, выявления базовых понятий, описания взаимосвязей между понятиями. По цели создания предлагаемые онтологии являются прикладными, так как описывают концептуальную модель задачи исследования антропогенного влияния энергетики на природную среду. Для наглядности онтологии представлены в графическом виде с использованием инструмента SmartTools. Это обеспечивает возможность взаимодействия специалистов разных предметных областей.

Наиболее важным в данном исследовании является понятие *антропогенный фактор*, которое является одним из классов в онтологии, представленной на рисунке 4 и демонстрирующей другие понятия, относящиеся к выполняемым исследованиям и связанные с антропогенным фактором. Во-первых, антропогенный фактор возникает в результате деятельности энергетического объекта и зависит от используемого при этом энергетического ресурса (его типа и качественных характеристик).

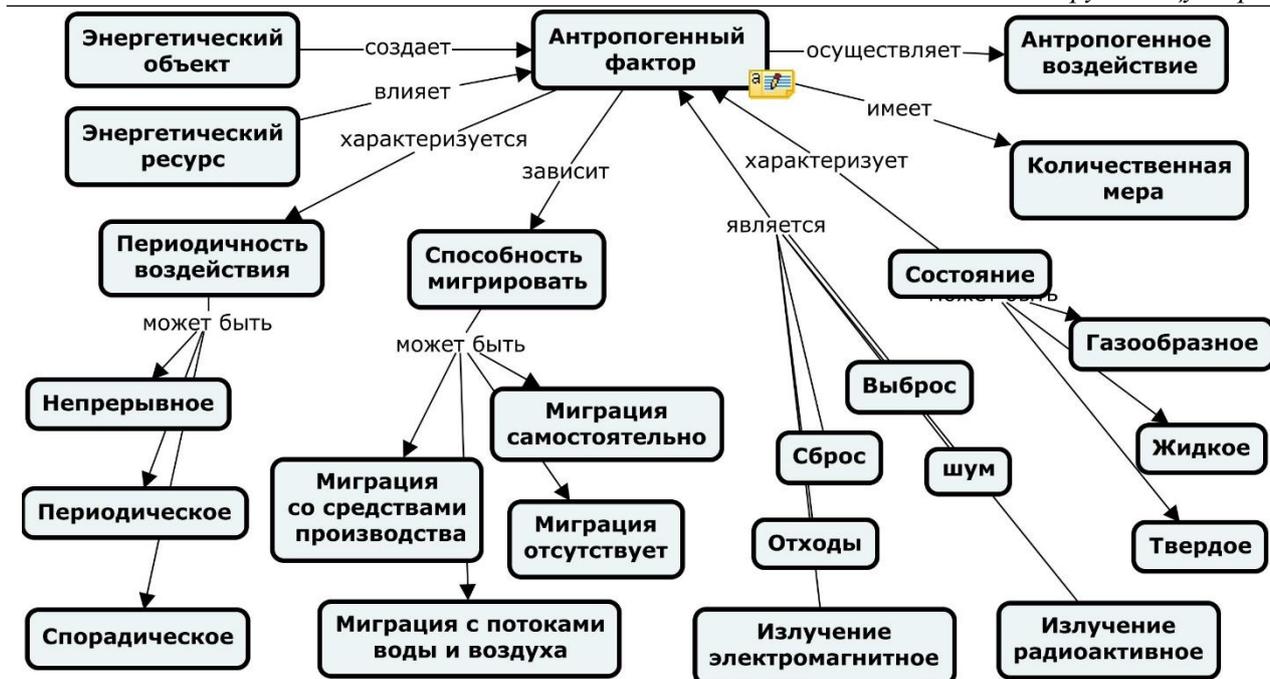


Рис.4. Онтология антропогенного фактора

К антропогенным факторам относятся выброс, сброс, отходы, шум, излучение и др. Антропогенный фактор характеризуется определенными свойствами, такими, как периодичность воздействия, способность к миграции, имеет одно из состояний, которые необходимо учитывать при оценке его влияния на окружающую среду. Как было сказано выше, влияние антропогенного фактора осуществляется путем антропогенного воздействия и имеет количественную меру, которая характеризуется количественными показателями эмиссии.

Аналогичная детализация разработана для каждого из используемых понятий. Например, понятие *антропогенное загрязнение*, как было отмечено ранее, является следствием антропогенного воздействия и, в свою очередь, формирует *последствие* антропогенного загрязнения. Его влияние на *элемент природной среды* измеряется *уровнем загрязнения* и зависит от *антропогенной нагрузки*. При этом необходимо учитывать свойства *периодичности* и *способности к накоплению*, как показано на рисунке 5.

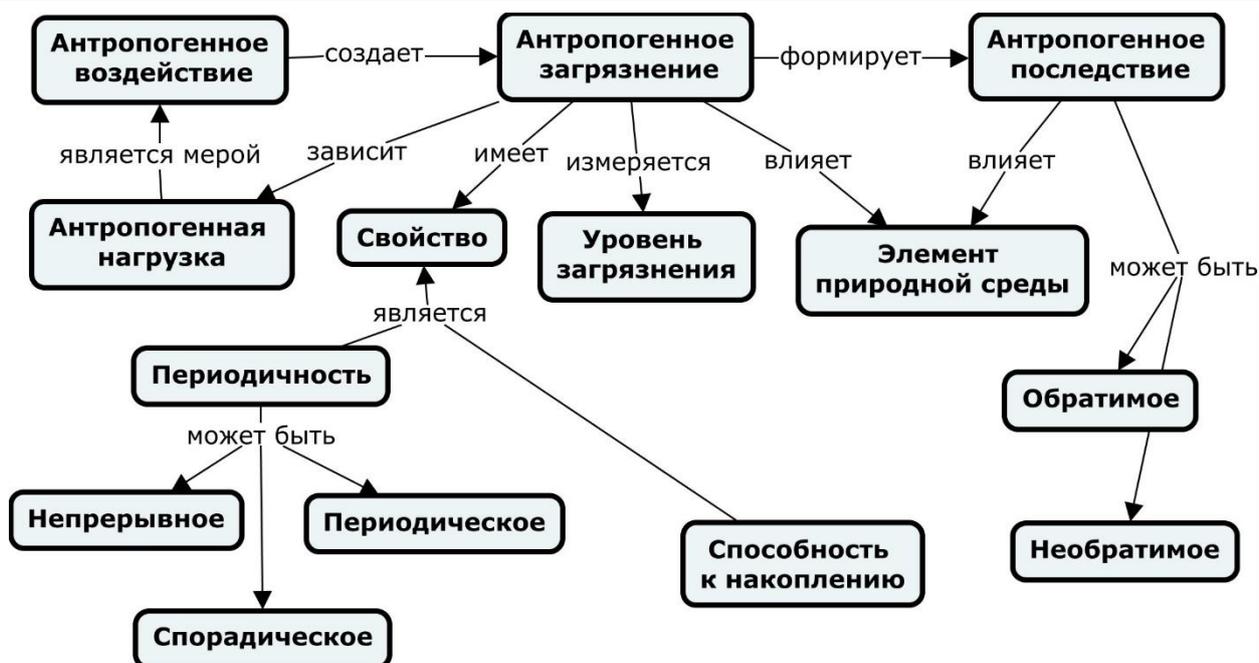


Рис. 5. Онтология антропогенного загрязнения

Таким образом, детальное рассмотрение каждого из понятий, позволяет учесть все подробности при исследовании предметной области, выполнить их классификацию, установить взаимосвязи для отбора соответствующей информации.

На следующих уровнях системы онтологий рассматриваются типы энергообъектов, их технические и производственные характеристики, необходимые для реализации методов оценки влияния энергообъектов на природную среду. Разработанная система онтологий является основой для Интеллектуальной системы поддержки принятия решений и создания баз данных и баз знаний.

Для дальнейшего использования разрабатываемой системы онтологий предусматривается их представление в форматах, необходимых для компьютерной обработки.

**Заключение.** Исследование влияния энергетики на природную среду в статье представлено в виде онтологий и описания соответствующих данной тематике понятий и определений. Изучение и оценка изменений в элементах природной среды проводятся с использованием экологического подхода – на основе всеобщей связи процессов, происходящих на различных уровнях изучаемых явлений. Авторами предложено представление понятий и определений и их взаимосвязей в графическом виде, как онтологии, что обеспечивает наглядность и возможность согласования с соответствующими методиками расчетов количественных мер исследуемых компонентов влияния энергетики на природную среду.

Для оценки негативного влияния энергетики разработаны различные методические подходы и математические модели, которые применяются в зависимости от поставленных задачи определения соответствующего компонента. Для формирования методического обеспечения, как способа количественной оценки взаимосвязей между понятиями и явлениями, требуются сбор и обработка большого объема информации и методического материала, а систематизация методического обеспечения позволит выстраивать четкую последовательность для проведения как количественной, так и качественной оценки влияния энергетики на природную среду.

**Благодарности.**

Работа выполняется при финансовой поддержке гранта РФФИ проекта № 20-07-00195 «Методы построения онтологического пространства знаний для интеллектуальной поддержки принятия решений в энергетике и экологии с учетом качества жизни».

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Берлянд М.Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. Л.: Гидрометеоиздат. 1975. 448 с.
2. Бызова Н.Л., Гаргер Е.К., Иванов В.Н. Экспериментальные исследования атмосферной диффузии и расчеты рассеивания примеси. Л. Гидрометеоиздат. 1991. 278 с.
3. Ворожцова Т.Н., Макагонова Н.Н., Массель Л.В. Онтологический подход к проектированию базы данных для оценки влияния энергетики на окружающую среду // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2019. № 3 (15). С. 31–41. DOI: 10.25729/2413-0133-2019-3-03. (РИНЦ)
4. Гольдберг В.М. Взаимосвязь загрязнения подземных вод и природной среды. Л., 1987.
5. Грушко Я.М. Вредные органические соединения в промышленных выбросах в атмосферу. Справочник – Л.: Химия, 1986. С. 207.
6. Майсюк Е.П., Иванова И.Ю. Анализ существующих методов оценки воздействия энергетических объектов на окружающую среду // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2018. №4(12). С. 113-127. DOI:10.25729/2413-0133-2018-4-12
7. 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. Барсегян// Онтология проектирования. 2018. Т. 8, №4(30). С. 550-561. – DOI: 10.18287/2223-9537-2018-8-4-550-561.
8. Методика определения валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от котельных установок ТЭС. РД 34.02.305-98/ВТИ. М. 1998.
9. Методика определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах производительностью менее 30 тонн пара в час или менее 20 Гкал в час. М.: Гос. комитет по охране окружающей среды Российской Федерации (при участии фирмы «Интеграл», Санкт-Петербург). 1999. 53 с.
10. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ в выбросе предприятий. ОНД-86. Л.: Госкомгидромет. 1987.
11. Методические рекомендации по разработке проекта нормативов предельного размещения отходов для теплоэлектростанций, теплоэлектроцентралей, промышленных и отопительных котельных. СПб. 1998. [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200043975> (дата обращения 24.10.2018).
12. Методическое письмо НИИ Атмосфера №335/33-07 от 17 мая 2000 г. «О проведении расчетов выбросов вредных веществ в атмосферу по «Методике определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах производительностью менее 30 тонн пара в час или менее 20 Гкал в час» (М., 1999). СПб.: НИИ Атмосфера, 2000. 20 с.
13. Назмеев Ю.Г. Системы золошлакоудаления ТЭС. М.: Изд-во МЭИ. 2002.– 572 с.

14. Онтологический инжиниринг. [Электронный ресурс, дата обращения 23.01.2019]. Режим доступа: [https://cs.hse.ru/ai/issa/Field\\_Ontology\\_Engineering](https://cs.hse.ru/ai/issa/Field_Ontology_Engineering)
15. Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Лозановская И.Н. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. 2000.
16. Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух. СПб, изд-во "Петербург". XXI век. 1995. 144 с.
17. Постановление №165 «Об утверждении гигиенических нормативов ГН 2.1.6.3492-17 "Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений" (с изменениями на 31 мая 2018 года)» от 22 декабря 2017 г. [Электронный ресурс]. <http://docs.cntd.ru/document/556185926> (дата обращения 24 марта 2020 г.)
18. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. Гигиенические нормативы. ГН 2.1.7.2041-06. [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.gosthelp.ru/text/GN217204106Predelnodopust.html> (дата обращения 24 марта 2020 г.)
19. Предельно-допустимые концентрации химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Гигиенические нормативы ГН 2.1.5.689-98 Минздрав России Москва, 1998. [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.gosthelp.ru/text/GN21568998Predelnodopusti.html> (дата обращения 24 марта 2020 г.)
20. С.А. Салтыков, Е.Ю. Русяева. Онтологический инжиниринг и философия теории управления / Материалы XIII Всероссийского совещания по проблемам управления ВСПУ-2019. С. 1584-1588. Режим доступа: <https://vspu2019.ipu.ru/proceedings/1584.pdf> (дата обращения 02.03.2020)
21. Чебаненко Б.Б., Майсюк Е.П. Байкальский регион: пределы устойчивости. – Новосибирск: Наука, 2002. -160 с.
22. Экологический энциклопедический словарь / Глав. ред. А.С. Манин. — М.: Издательский дом «Ноосфера», 1999. 930 с. ISBN 5-8126-0003-1.
23. Экологическая энциклопедия: В 6 т. / Глав. ред. В.И. Данилов-Данильян. — М.: ООО «Издательство „Энциклопедия“ », 2010. Т. 2. Г-И. 448 с.
24. Draxler R.R., Hess G.D. Description of the HYSPLIT-4 Modeling System.US Environmental Protection Agency Technical Memorandum ERL ARL-224, National Oceanic and Atmospheric Administration, Silver Springs, MD., December 1997 (Revised: August 1998, September 2002). 27 p.
25. Gordon G.E. Receptor models. Critical review // Environ. Sci. Technol, 1988. Vol. 22. № 10. Pp. 1132-1142.

UDK 004.822: (620.9+504.05)

**AN ONTOLOGY SYSTEM FOR STUDYING THE ANTHROPOGENIC IMPACT  
OF ENERGY FACILITIES ON THE ENVIRONMENT**

**Vorozhtsova T.N.,**

PhD., Leading engineer of Department "Intelligent Systems in the Energy Sector"

e-mail: [tnn@isem.irk.ru](mailto:tnn@isem.irk.ru)

**Maysyuk E.P.,**

PhD., Senior researcher of Laboratory of Energy Supply to Off-grid Consumers

e-mail: [maysyuk@isem.irk.ru](mailto:maysyuk@isem.irk.ru)

**Ivanova I.U.**

PhD, Head of Laboratory of Energy Supply to Off-grid Consumers

e-mail: [nord@isem.irk.ru](mailto:nord@isem.irk.ru)

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

**Abstract.** The paper proposes the development of a system of interrelated ontologies intended for the formalized description and harmonizing of terminology of different subject areas-energy and ecology when performing research on the harmful impact of energy facilities on the environment. The work is carried out within the framework of the RFBR project "Methods of building an ontological knowledge space for intelligent decision-making support in the energy sector and environment, in terms of the quality of life". Ontological engineering of the subject area of research is performed. The methodological approaches used in the study of the problem of anthropogenic impact of energy facilities and the conduct of relevant quantitative assessments are considered. To systematize environmental assessments and establish relationships between the main indicators describing the impact of energy activity on the elements of the environment, semantic methods are proposed, in particular ontological engineering of the subject area. The ontological approach systematizes the used basic terminology and allows you to visualize the relationships between elements of the natural environment, energy objects and their characteristics, impact factors, and also allows you to build a sequence of research and systematize the methodological support used to assess the impact of energy on the environment.

**Key words:** Anthropogenic influence, anthropogenic factor, anthropogenic impact, anthropogenic pollution, ontological engineering, ecology, energy.

**References**

1. Berlyand M.Ye. *Sovremennyye problemy atmosfery i zagryazneniya atmosfery*. [Current problems of atmospheric diffusion and air pollution.]. L.: Gidrometeoizdat = Hydrometeorological publishing. 1975. 448 p. (in Russian).
2. Byzova N.L., Garger Ye.K., Ivanov V.N. *Ekspериментальные исследования атмосферной диффузии и расчёты рассеивания примесей* [Experimental studies of atmospheric diffusion and impurity dispersion calculations]. L.: Gidrometeoizdat = Hydrometeorological publishing. 1991. 278 p. (in Russian).

3. Vorozhtsova T.N., Makagonova N.N., Massel' L.V. Ontologicheskiy podkhod k proyektirovaniyu bazy dannykh dlya otsenki vliyaniya energetiki na okruzhayushchuyu sredyu [Ontological approach to designing a database to assess the impact of energy on the environment // *Informatsionnyye i matematicheskiye tekhnologii v nauke i upravlenii* = Information and mathematical technologies in science and management. 2019. № 3. Pp. 31–41. (in Russian). DOI: 10.25729/2413-0133-2019-3-03.
4. Gol'dberg V.M. Vzaimosvyaz' zagryazneniya podzemnykh vod i prirodnoy sredy [The relationship of groundwater pollution and the environment]. L., 1987. (in Russian).
5. Grushko YA.M. Vrednyye organicheskiye soyedineniya v promyshlennykh vybrosakh v atmosferu. Spravochnik [Harmful organic compounds in industrial emissions. Reference book]. L.: Khimiya = Chemistry, 1986. Pp.207. (in Russian).
6. Maysyuk Ye.P., Ivanova I.YU. Analiz sushchestvuyushchikh metodov otsenki vozdeystviya energeticheskikh ob'yektov na okruzhayushchuyu sredyu [Analysis of existing methods for assessing the impact of energy facilities on the environment] // *Informatsionnyye i matematicheskiye tekhnologii v nauke i upravlenii* = Information and mathematical technologies in science and management. 2018. №4 (12). Pp. 113-127. DOI:10.25729/2413-0133-2018-4-12. (in Russian).
7. L.V.Massel', I.YU. Ivanova, T.N. Vorozhtsova, Ye.P. Maysyuk, A.K. Izhibuldin, T.G. Zorina, A.R. Barsegyan. Ontologicheskiye aspekty issledovaniya vzaimovliyaniya energetiki i geoekologii [Ontological aspects of the study of the mutual influence of energy and geoecology] // *Ontologiya proyektirovaniya = Design Ontology*. 2018. V. 8. №4 (30). Pp. 550-561 (in Russian). DOI: 10.18287/2223-9537-2018-8-4-550-561.
8. Metodika opredeleniya valovykh vybrosov zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosferu ot kotel'nykh ustanovok TES [Methodology for determining gross emissions of pollutants into the atmosphere from boiler plants of thermal power plants.]. RD 34.02.305-98/VTI. – M., 1998. (in Russian)
9. Metodika opredeleniya vybrosov zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosferu pri szhiganii topliva v kotlakh proizvoditel'nost'yu meneye 30 tonn para v chas ili meneye 20 Gkal v chas [The methodology for determining emissions of pollutants into the atmosphere when burning fuel in boilers with a capacity of less than 30 tons of steam per hour or less than 20 Gcal per hour]. M.: Gos. komitet po okhrane okruzhayushchey sredy Rossiyskoy federatsii = . M. : State Committee on Environmental Protection of the Russian Federation. 1999. 53 p. (in Russian)
10. Metodika rascheta kontsentratsiy v atmosfernom vozdukh v vrednykh veshchestv v vybrose predpriyatiy. OND-86. [Methodology for calculating atmospheric concentrations of harmful substances in the emissions of enterprises. OND-86]. Goskomgidromet. OND-86. L., 1987. (in Russian).
11. Metodicheskiye rekomendatsii po razrabotke proyekta normativov predel'nogo razmeshcheniya otkhodov dlya teploelektrostantsiy, teploelektrotsentraly, promyshlennykh i otopitel'nykh kotel'nykh [Methodological recommendations on the development of draft standards for the maximum waste disposal for thermal power plants, combined heat and power plants, industrial and heating boilers] SPb. 1998. (in Russian). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200043975> (accessed 24.10.2018).

12. Metodicheskoye pis'mo NII Atmosfera №335/33-07 ot 17 maya 2000 g. «O provedenii raschetov vybrosov vrednykh veshchestv v atmosferu po «Metodike opredeleniya vybrosov zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosferu pri szhiganii topliva v kotlakh proizvoditel'nost'yu meneye 30 tonn para v chas ili meneye 20 Gkal v chas» [Methodical letter of the Research Institute of Atmosphere No. 335 / 33-07 of May 17, 2000 “On the calculation of emissions of harmful substances into the atmosphere according to the“ Methodology for determining emissions of pollutants into the atmosphere when burning fuel in boilers with a capacity of less than 30 tons of steam per hour or less 20 Gcal per hour ”] (M., 1999). SPb.: NII Atmosfera, 2000. 20 p. (in Russian)
13. Nazmeyev YU.G. Sistemy zoloshlakoudaleniya TES [Ash and slag removal systems of thermal power plants]. M.: MEI, 2002. 572 p. (in Russian)
14. Ontologicheskij inzhiniring [Ontological engineering]. Available at: [https://cs.hse.ru/ai/issa/Field\\_Ontology\\_Engineering](https://cs.hse.ru/ai/issa/Field_Ontology_Engineering) (accessed 23.01.2019). (in Russian)
15. Orlov D.S., Sadovnikova L.K., Lozanovskaya I.N. Ekologiya i okhrana biosfery pri khimicheskom zagryaznenii, [Ecology and conservation of the biosphere during chemical pollution]. 2000. (in Russian)
16. Perechen' i kody veshchestv, zagryaznyayushchikh atmosfernyy vozdukh. [The list and codes of substances polluting the atmospheric air]. - SPb, izd-vo Peterburg – XXI vek = SPb, publishing house Petersburg - XXI century]. 1995. . 144 p. (in Russian).
17. Postanovleniye №165 «Ob utverzhdenii gigiyenicheskikh normativov GN 2.1.6.3492-17 "Predel'no dopustimyye kontsentratsii (PDK) zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosfernom vozdukh gorodskikh i sel'skikh poseleniy" (s izmeneniyami na 31 maya 2018 goda)» ot 22 dekabrya 2017 g. [Decree No. 165 “On approval of hygienic standards GN 2.1.6.3492-17“ Maximum permissible concentrations (MPC) of pollutants in the atmospheric air of urban and rural settlements ”(as amended on May 31, 2018)” dated December 22, 2017]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/556185926> (accessed 24.03.2020). (in Russian)
18. Predel'no dopustimyye kontsentratsii (PDK) khimicheskikh veshchestv v pochve. Gigiyenicheskiye normativy [Maximum allowable concentration (MPC) of chemicals in the soil. Hygienic standards GN 2.1.7.2041-06]. (in Russian). Available at: <http://www.gosthelp.ru/text/GN217204106Predelnodopust.html> (accessed 24.03.2020).
19. Predel'no-dopustimyye kontsentratsii khimicheskikh veshchestv v vode vodnykh ob'yektov khozyaystvenno-pit'yevogo i kul'turno-bytovogo vodopol'zovaniya. Gigiyenicheskiye normativy [The maximum permissible concentration of chemicals in the water of water bodies of drinking and cultural and domestic water use. Hygienic standards GN 2.1.5.689-98] Minzdrav Rossii Moskva, 1998 Available at: <http://www.gosthelp.ru/text/GN21568998Predelnodopusti.html> (accessed 24.03.2020) . (in Russian).
20. S.A. Saltykov, Ye.YU. Rusyayeva. Ontologicheskij inzhiniring i filosofiya teorii upravleniya [Ontological Engineering and Philosophy of Management Theory] // Materialy XIII Vserossiyskogo soveshchaniya po problemam upravleniya VSPU-2019 = Proceedengs of the XIII All-Russian Meeting on Management Problems of VSPU-2019. Pp. 1584-1588.

- Available at: <https://vspu2019.ipu.ru/proceedings/1584.pdf> (accessed 02.03.2020) (in Russian)
21. Chebanenko B.B., Maysyuk Ye.P. Baykal'skiy region: predely ustoychivosti. [Baikal region: limits of sustainability]. Novosibirsk: Nauka, 2002. 160 p. (in Russian)
  22. Ekologicheskiy entsiklopedicheskiy slovar' / Glav. red. A.S. Monin [Environmental Encyclopedic Dictionary / Chap. ed. A.S. Monin]. M.: Izdatel'skiy dom «Noosfera» = M.: Noosphere Publishing House. 1999. 930 p. ISBN 5-8126-0003-1 (in Russian)
  23. Ekologicheskaya entsiklopediya: V 6 t. / Glav. red. V.I. Danilov-Danil'yan [Ecological encyclopedia: In 6 volumes / Chap. ed. IN AND. Danilov-Danilyan]. M.: OOO «Izdatel'stvo „Entsiklopediya“» = M.: Encyclopedia Publishing House. 2010. V. 2. 448 p. (in Russian)
  24. Draxler R.R., Hess G.D. Description of the HYSPLIT-4 Modeling System. US Environmental Protection Agency Technical Memorandum ERL ARL-224, National Oceanic and Atmospheric Administration, Silver Springs, MD., December 1997 (Revised: August 1998, September 2002). 27 p.
  25. Gordon G.E. Receptor models. Critical review // Environ. Sci. Technol, 1988. Vol. 22. № 10. Pp. 1132-1142.