

УДК 004.822: (620.9 + 504.03)
DOI:10.38028/ESI.2022.26.2.012

Онтологический анализ взаимосвязей энергетических и социо-экологических систем

Ворожцова Татьяна Николаевна

Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, Россия, Иркутск, tnn@isem.irk.ru

Аннотация. В работе рассматривается необходимость интеграции исследований энергетических и социо-экологических систем, обусловленная их взаимным влиянием. Для поддержки междисциплинарных исследований в этих областях, предполагающих интеграцию энергетической, экологической и социальной систем, предлагается использование онтологического подхода к выявлению, описанию и структурированию взаимосвязей между этими сложными системами. Рассмотрены взаимосвязи, отражающие как отрицательное, так и положительное влияние функционирования объектов энергетики на соответствующую социо-экологическую систему. Предложены индикаторы устойчивого развития социо-экологических систем. Для сопоставления положительного и отрицательного влияния функционирования объектов энергетики на население рассматриваются индикаторы качества жизни, как способ оценки этого влияния. Представлены онтологии, структурирующие базовые понятия предметной области исследований антропогенного влияния объектов энергетики, качества жизни и отражающие их интеграцию.

Ключевые слова: онтологический подход, антропогенное воздействие, качество жизни, энергетическая система, социо-экологическая система, природная среда, экология

Цитирование: Ворожцова Т.Н. Онтологический анализ взаимосвязей энергетических и социо-экологических систем / Т.Н. Ворожцова // Информационные и математические технологии в науке и управлении. – 2022. – № 2(26). – С. 127-138. – DOI:10.38028/ESI.2022.26.2.012.

Введение. Актуальность и необходимость исследования взаимосвязей энергетических и социо-экологических систем в настоящее время обусловлена важностью проблемы обеспечения устойчивого развития общества в целом и устойчивости его технических и социально-экологических систем. Энергетические системы как фактор социального развития рассматривались еще в конце прошлого столетия, т.к. наибольшие эффекты создание энергетических систем приносит не в энергетической, а в социальной и производственной сферах. [1]. Международное определение устойчивого развития подразумевает единую систему социальных, экономических и экологических процессов. Исследованиям устойчивости энергетических систем посвящены работы зарубежных [2, 3] и российских [4, 5] исследователей, в которых рассматривается методология оценки устойчивости энергетической системы, предлагаются индикаторы для учета основных критериев устойчивости в социальных и технических системах. Как правило, такие сложные системы описываются многочисленными параметрами и характеристиками. В связи с этим для поиска, извлечения информации и знаний, верификации данных можно использовать семантические технологии [6, 7]. В рамках выполняемого проекта «Методы построения онтологического пространства знаний для интеллектуальной поддержки принятия решений в энергетике и экологии с учетом качества жизни», поддержанного грантом РФФИ № 20-07-00195, исследуется влияние функционирования объектов энергетики на экологическое состояние элементов природной среды. Эти исследования предполагают интеграцию экологической и социальной составляющих. Анализу влияния энергетики на социально-экономическую систему страны посвящены, например, работы [8-10]. Для выявления, описания и структурирования взаимосвязей энергетических и социо-экологических систем разрабатываются онтологии, отражающие эти взаимосвязи и предлагается система взаимосвязанных онтологий, обеспечивающая интеграцию пересекающихся областей знаний.

1. Онтологический анализ предметной области исследований. Онтологическое моделирование, как одно из направлений семантического моделирования, применяется для описания и интеграции знаний предметных областей. Онтология – это способ представления некоторой области знаний в виде концептуальной схемы, которая обеспечивает возможность определения и согласования понятий, описания отношений между понятиями, структурирования знаний и работы со смыслом информации.

При выполнении наших исследований используются онтологии в графическом виде, представляющие собой семантическую (смысловую) сеть, вершинами которой являются объекты или понятия (концепты) взаимосвязанных предметных областей, а дугами – отношения между этими концептами. Это обеспечивает согласование исследований разных предметных областей (энергетики, экологии) в соответствии с целями проекта, доступность и восприятие больших объемов сложно структурированной информации, а также, интеграцию систем и приложений.

Взаимосвязи энергетических и социо-экологических систем обусловлены тем, что энергетика обеспечивает функционирование социальной инфраструктуры и устойчивое развитие региона или государства, но, с другой стороны, является одним из серьезных факторов техногенного или антропогенного воздействия на природу и человека. Базовыми понятиями выполняемых исследований являются понятия, связанные с изучением влияния объектов энергетики на природу и человека.

Энергетическая система – это открытая человеко-машинная производственная система, предназначенная для добычи (производства, получения), переработки (преобразования), транспортирования, хранения и распределения энергоресурсов и снабжения потребителей этой продукцией [11].

Социальная система – это множество элементов (индивидов, групп, общностей), а также совокупность социальных явлений и процессов, которые находятся в отношениях и связи между собой и образуют некоторый социальный объект. Основными элементами социальной системы являются люди, их взаимодействия, отношения и связи [12, 13]. В широком смысле слова понятие «социальный» употребляется как синоним понятия «общественный», когда речь идет о противопоставлении биологическим, природным явлениям.

Экологическая система (экосистема) – совокупность совместно обитающих организмов и условий их существования, находящихся в закономерной взаимосвязи друг с другом и образующих систему взаимообусловленных биотических и абиотических явлений и процессов [14].

Социо-экологическая система – комплексное междисциплинарное понятие, определение которого зависит от направления исследований. Например, философский аспект этого понятия отражен в следующем определении. Социо-экологическая система – это единство природной и социальной подсистем, образующих среду вокруг центрального элемента, человека как биосоциального существа, единство, в котором общество и природа наиболее тесно взаимодействуют в техносфере и культуре [15]. Другое определение социо-экологической системы представлено в работе [16]. Социо-экологическая система – это гармоничное взаимодействие или совместное паритетное развитие человека и его сообщества (то есть антропосистемы) с природной средой в рамках единого целостного образования. Разные определения социально-экологической системы и родственных понятий представлены в работе [17]. По определению нобелевского лауреата Э. Остром, социо-экологическая система – это экологическая система, неразрывно связанная и зависящая от одной или нескольких социальных систем [18].

Социально-экологические и энергетические системы характеризуются высоким уровнем интеграции и взаимозависимости их элементов. Этим определяется высокий уровень неопределенности в таких системах.

Антропогенный фактор – влияние, оказываемое человеком и его деятельностью на организмы, биогеоценозы, ландшафты, биосферу (в отличие от естественных или природных факторов). Антропогенные факторы могут влиять на целые экосистемы и их части (организмы, популяции, сообщества, биоценозы), могут опосредствоваться через влияние биотических факторов (при уничтожении некоторых видов или, напротив, при интродукции видов) и абиотических факторов (влияние на климат, загрязнение атмосферы, воды и др.). В настоящее время антропогенные факторы являются важным фактором нарушения биосферы. Для ограничения их влияния осуществляются экологический мониторинг и экологическое нормирование. Контроль и снижение интенсивности влияния антропогенных факторов являются одним из главных условий построения общества устойчивого развития. [19]

Техногенный фактор – влияние, оказываемое промышленной деятельностью на организмы, биогеоценоз, ландшафт, биосферу (в отличие от естественных, или природных факторов). Поскольку практически все области деятельности человека носят все более индустриальный характер (добывающая и обрабатывающая отрасли, энергетическая отрасль, коммунальное хозяйство и т.п.), техногенный фактор по сути становится синонимом антропогенного фактора. [20]

Загрязнение окружающей среды – это воздействие на биосферу, представляющее опасность для представителей живой природы и устойчивого существования экосистем. Различают природные загрязнения, вызванные естественными причинами, и антропогенные, связанные с деятельностью человека. Практически все виды хозяйственной деятельности сопровождаются увеличением содержания вредных для организмов веществ; появлением новых химических соединений, частиц и чужеродных материалов, токсичных или не способных к утилизации в биосфере; чрезмерным повышением температуры (тепловое загрязнение), шума (шумовое загрязнение), электромагнитного излучения, радиоактивности (радиоактивное загрязнение) и другими изменениями среды [21].

Загрязняющее вещество – это любое химическое вещество или соединение, которое находится в объекте окружающей природной среды в количествах, превышающих фоновые значения и вызывающие тем самым химическое загрязнение. По происхождению загрязняющие вещества делятся на загрязняющие вещества природного происхождения и антропогенного происхождения. По характеру загрязняющие вещества делятся на первичные (поступившие в окружающую среду непосредственно из источников загрязнения) и вторичные, образующиеся из первичных в объектах окружающей среды в результате биогенных и абиогенных трансформаций. Наиболее распространёнными антропогенными загрязняющими веществами являются: в атмосфере – кислые газы (диоксид углерода, диоксид серы, оксиды азота), взвешенные частицы (сажа, аэрозоли кислот и соединений тяжёлых металлов), органические соединения, в том числе формирующие фотохимический смог и разрушающие озоновый слой атмосферы, пары нефтепродуктов; в гидросфере – растворимые соли тяжёлых металлов, органические соединения, нефтепродукты; в литосфере (особенно в почве) – соли тяжёлых металлов, нефтепродукты [22].

Вредное вещество – вещество, которое при контакте с организмом человека в случае нарушений требований безопасности может вызывать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как в процессе работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений [23].

На основе ранее выполненных исследований авторами [24] было предложено детализировать следующие понятия:

Антропогенное воздействие – следствие антропогенного фактора, процесс влияния хозяйственной или иной деятельности человека на элементы природной среды.

Антропогенное загрязнение – результат изменения элементов природной среды, вызванный антропогенным воздействием.

2. Принципы устойчивого развития энергетических и социо-экологических систем. В настоящее время одним из мировых принципов устойчивого развития является интеграция социальной, экологической и управленческой ответственности во всех сферах деятельности. В 2014 году сформулированы ESG-принципы в качестве модели устойчивого развития с участием бизнеса, это параметры, в соответствии с которыми компании должны соответствовать стандартам развития в трех категориях: экологической, социальной и управленческой [25, 26].

Environmental означает ответственное отношение к окружающей среде (стремление к сбережению природных ресурсов и уменьшению загрязнения планеты).

Social предполагает высокую социальную ответственность (забота о персонале, его правах, соблюдение норм по охране труда).

Governance – это высокое качество корпоративного управления (объективные критерии управления, качественный аудит и эффективность руководителей).

Управление энергетическими объектами должно соответствовать этим принципам, так как это способствует устойчивому функционированию самих объектов и обеспечению устойчивости социо-экологических систем, тесно с ними связанных.

Для структурирования взаимосвязей энергетических и социо-экологических систем проанализированы индикаторы устойчивого развития этих систем, включающие три группы показателей – экономические, экологические и социальные. К экономическим показателям относятся валовой региональный продукт на душу населения, бюджетная обеспеченность, индекс цен, уровень безработицы, размер инвестиций в основной капитал на душу населения и другие. Экологические показатели включают, например, количество выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, размер инвестиций, направленных на охрану и рациональное использование природных ресурсов, текущие затраты на охрану окружающей среды. Социальными индикаторами являются такие, как среднедушевые денежные доходы, статистический показатель степени расслоения общества (коэффициент Джини), доля населения с низкими доходами, ожидаемая продолжительность жизни при рождении, коэффициент естественного прироста населения.

Как для энергетических, так и для социо-экологических систем понятие устойчивого функционирования и существования подразумевает необходимость совместного рассмотрения и учета экологических, социальных и экономических факторов. С учетом основной цели исследования взаимосвязей энергетических и социо-экологических систем важно рассмотреть взаимосвязи E-факторов, отражающих влияние на атмосферу, почву, водную среду и S-факторов, учитывающих социально значимые показатели.

Для учета требований к функционированию объектов энергетики, связанных с необходимостью сохранения природной среды и условий проживания населения, предложено использовать понятие «Качество жизни» как совокупную характеристику уровня объективных и субъективных условий жизни населения, определяющих физическое, ментальное, социально-культурное развитие человека, группы или сообщества людей.

3. Основные факторы влияния объектов энергетики на окружающую среду и здоровье человека. Энергетические системы являются критически важной инфраструктурой

страны. С одной стороны, они обеспечивают функционирование всех остальных секторов экономики и социальной инфраструктуры, но, с другой стороны, являются одним из серьезных объектов техногенного или антропогенного влияния на природу и среду обитания человека.

Для выявления связи между антропогенным воздействием энергетической системы или энергетического объекта и социо-экологической системой необходимо выявить влияние загрязняющих веществ на элементы природной среды (атмосферу, водную среду, почву) и здоровье человека.

Основные факторы такого влияния показаны на примере энергоустановки, производящей тепловую и электрическую энергию на рисунке 1.

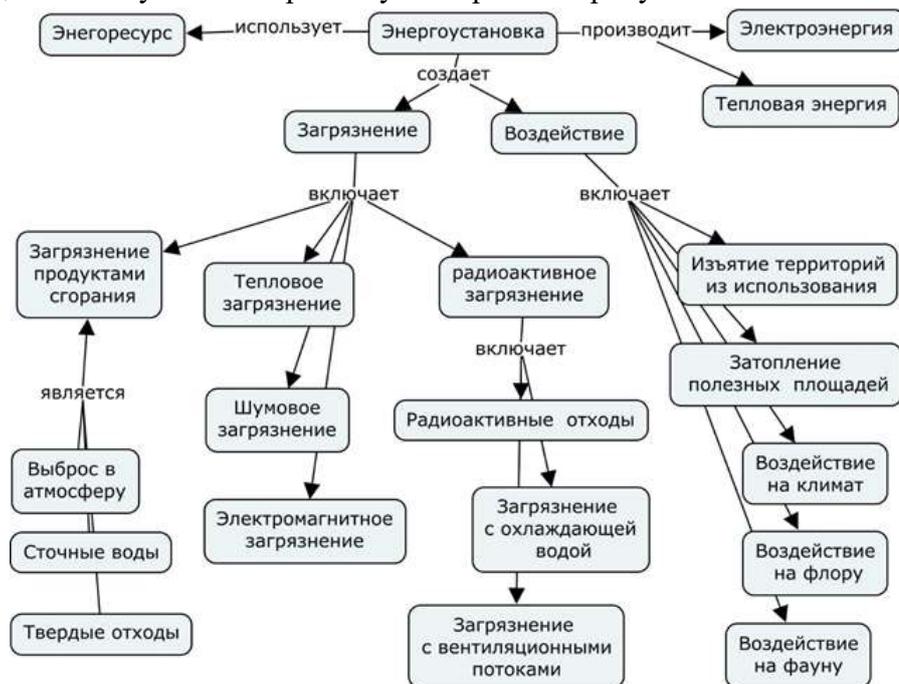


Рис. 1. Онтология факторов воздействия энергоустановки

Положительное влияние функционирования энергетической системы обусловлено обеспечением потребностей рассматриваемого региона в тепловой и электрической энергии. Отрицательное влияние энергетической системы состоит в загрязнении и воздействии на природную среду.

Решающую роль в оценке антропогенной нагрузки от функционирования объектов энергетики занимают вредные вещества, поступающие в элементы природной среды. Определение вредного вещества, сформулированное согласно ГОСТу, было дано выше. Признаки определения класса опасности вредных веществ установлены тем же стандартом. Класс опасности – это условная величина вредного воздействия, предназначенная для классификации потенциально опасных веществ.

При функционировании объектов энергетики образуются вещества разных классов опасности, которые поступают в атмосферу. Воздействие загрязняющих и вредных веществ от объектов теплоэнергетики на элементы природной среды были показаны ранее в работах [27, 28]. Как там было отмечено, наиболее опасен бенз(а)пирен (I класс опасности), который в качестве выбросов поступает непосредственно в атмосферу, кроме того образуются вещества III класса опасности – диоксид серы, оксиды азота, твердые вещества, а также вещества IV класса опасности – оксид углерода, диоксид углерода. Эти вещества влияют на здоровье человека, вызывая различные заболевания.

Практически все загрязняющие вещества от энергетики обладают биологическими, химическими свойствами и способны накапливаться в элементах природной среды (воздух, вода, почвы, живые организмы).

4. Социальная роль энергетики и качество жизни населения. Наблюдается тесная связь между энергетической системой, объекты которой воздействуют на элементы природной среды и социо-экологической системой, центральным элементом которой является человек как биосоциальное существо. Для достижения устойчивости как в социальной, так и в энергетической сфере сформулированы следующие энергетические цели – доступность, наличие и приемлемость энергии. Для достижения этих целей концепция Мирового энергетического совета предлагает комплекс приоритетных задач, решение которых обеспечит устойчивое развитие энергетики в будущем. К ним относятся: участие государства в контроле за энергетическими рынками; обеспечение повышения энергоэффективности и создание льготных условий для инвестиций в энергетику; обеспечение энергией по цене, доступной для бедных; управление энергетикой на принципах открытости и с обеспечением общественного контроля [29]. Критерием оценки деятельности производителей энергоресурсов являются цены для конечных потребителей. Это подтверждает важность энергетических систем в экономическом и социальном развитии страны.

Понятие «качество жизни» – это совокупная характеристика уровня объективных и субъективных факторов, отражающих удовлетворенность условиями жизни и другие социально-личностные аспекты. Показатель здоровья является одним из основных индикаторов качества жизни населения. Кроме здоровья на качество жизни влияют и другие важные индикаторы, такие как уровень благосостояния, уровень комфортности, доступность образования, социально-культурное развитие, качество отдыха, демографические процессы и другое. Многие из этих показателей напрямую или опосредованно зависят от уровня обеспеченности энергоресурсами. Существуют разные подходы к определению качества жизни. Например, согласно Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) составляющие качества жизни включают экологию, здоровье, социальные отношения, возможность самореализации, финансовое благополучие, безопасность, эмоциональное благополучие. В настоящее время для оценки качества жизни рассматривают объективные, субъективные и интегральные индикаторы качества жизни. Объективные индикаторы отражают природные и социальные аспекты жизни. Субъективные индикаторы характеризуют эмоциональные и когнитивные оценки удовлетворенности жизнью самого человека. Наиболее комплексно отражает качество жизни интегральный индикатор, представленный на рисунке 2.

Ранее в работе [27] была представлена метаонтология базовых индикаторов качества жизни, отражающих их взаимосвязи с энергетикой и экологией, которая показывала, что функционирование объектов энергетики на той или иной территории не только отрицательно влияет на природу и ее экологическое состояние, но, в первую очередь, обеспечивает население тепловой и электрической энергией, непосредственно положительно влияя на условия жизни и труда, здоровье и безопасность. Кроме этого, развитие энергетики способствует экономическому развитию территории, повышая благосостояние, уровень жизни, улучшая социальную сферу и демографические показатели.

Интегральный индикатор качества жизни включает следующие группы показателей, характеризующих социальную систему – демография, благосостояние населения, социальная сфера, здоровье и природные условия.



Рис. 2. Онтология интегрального индикатора качества жизни

Как было отмечено в одном из представленных выше определений, социо-экологическая система представляет собой единство природной, т.е. экологической и социальной подсистем.

Рисунок 3 демонстрирует сложную совокупность взаимосвязей энергетической и социо-экологической систем.

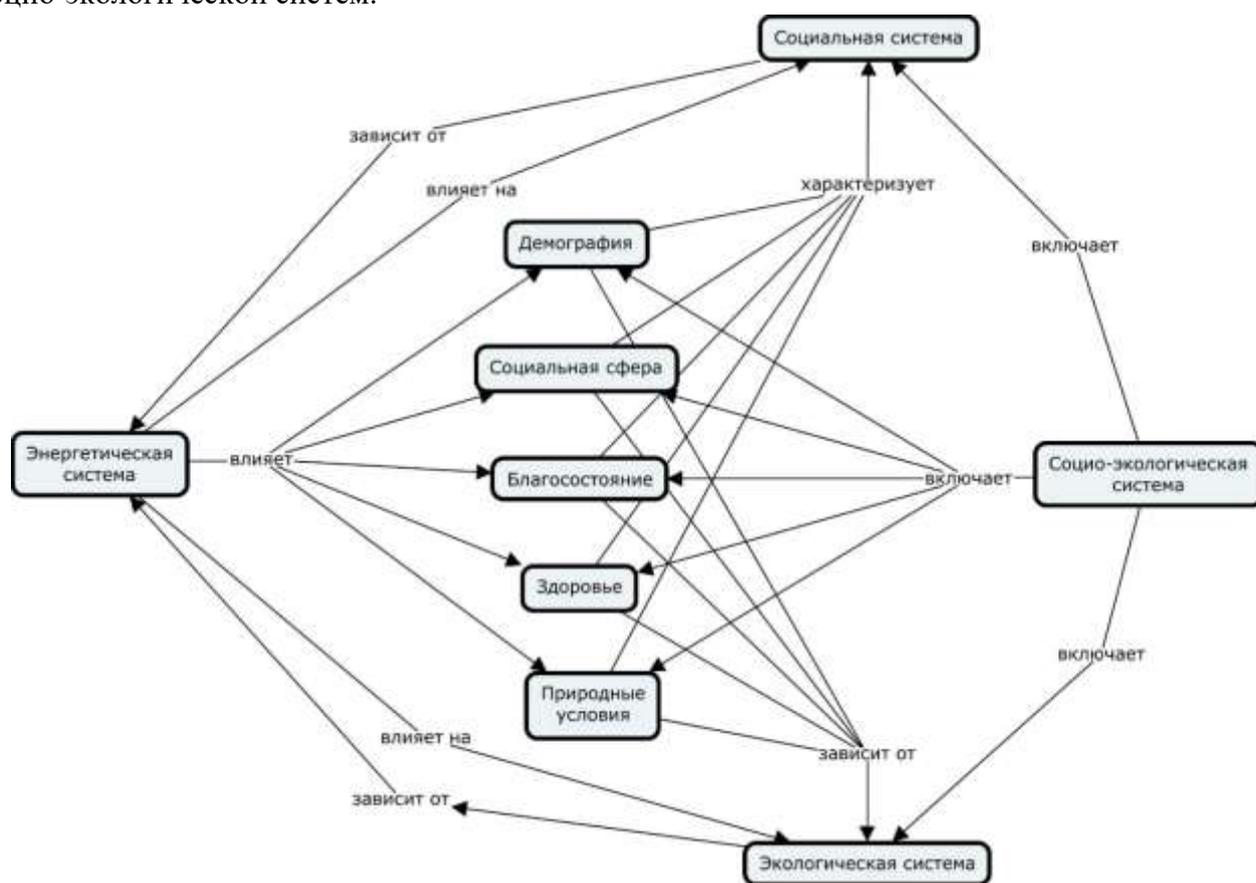


Рис. 3. Взаимосвязи энергетической и социо-экологической систем

Показатели, входящие в состав интегрального индикатора качества жизни отражают основные взаимосвязи рассматриваемых систем. В частности, они характеризуют социальную сторону социо-экологической системы и зависят от ее экологического компонента. В то же время, энергетическая система, функционирующая на рассматриваемой территории, безусловно влияет на все эти показатели качества жизни. Тем самым через

социальные и экологические аспекты отражается взаимное влияние и тесные взаимосвязи энергетических и социо-экологических систем.

Заключение. Для структурирования взаимосвязей энергетических и социо-экологических систем проанализированы принципы устойчивого развития, индикаторы устойчивости энергетических и социо-экологических систем, а также индикаторы качества жизни как показатели, отражающие взаимное влияние рассматриваемых систем.

Для учета требований к функционированию объектов энергетики, связанных с необходимостью сохранения природной среды и условий проживания населения, предложено использовать понятие «Качество жизни».

Взаимосвязи энергетических и социо-экологических систем выражаются посредством взаимного влияния показателей их функционирования. Так, обеспечение потребностей населения в электрической и тепловой энергии отражает связь между энергетической и социальной системами, а состояние элементов природной среды региона (атмосферы, водных объектов, почв, живых организмов) – связь между антропогенным воздействием техногенной системы и качеством жизни населения с учетом природно-климатических условий. Устойчивое функционирование энергетических объектов напрямую связано с устойчивостью социо-экологической системы. Энергетика обеспечивает качество жизни с одной стороны, но создает дополнительные экологические проблемы с другой. Интегральный показатель качества жизни используется для отражения взаимосвязей и взаимного влияния энергетических и социо-экологических систем и является одним из индикаторов их устойчивости. Для выявления, описания и структурирования взаимного влияния энергетических и социо-экологических систем предлагается система взаимосвязанных онтологий, обеспечивающая интеграцию пересекающихся областей знаний.

Благодарности. Результаты получены в рамках проекта по госзаданию ИСЭМ СО РАН АААА-А21-121012090007-7 (проект № FWEU-2021-0007) и при финансовой поддержке гранта РФФИ № 20-07-00195.

Список источников

1. Макаров А.А. Мировая энергетика и Евразийское энергетическое пространство / А.А. Макаров. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 280 с.
2. Xionan Liu, Kai Hou, Hongjie Jia, Jumbo Zhao, Lamine Mili, Yunfei Mu, Jusong Rim, Yunkai Lei. A Resilience Assessment Approach for Power System from Perspectives Of System and Component Levels. International Journal of Electrical Power & Energy Systems. January, 2020, available at: <https://www.researchgate.net/publication/338457248> (дата обращения: 05.05.2022)
3. Bernhard-Johannes Jesse, Heidi Ursula Heinrichs, Wilhelm Kuckshinrichs. Adapting the theory of resilience to energy systems: a review and outlook / Energy, Sustainability and Society, 2019, 9:27, available at: <https://energysustainsoc.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13705-019-0210-7> (дата обращения: 05.05.2022)
4. Бобылев С.Н. Индикаторы экологически устойчивого развития: региональное измерение / С.Н. Бобылев, О.В. Кудрявцева, С.В. Соловьева, К.С. Ситкина // Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика, 2018. – №2. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/indikatory-ekologicheskii-ustoychivogo-gazvitiya-regionalnoe-izmerenie> (дата обращения: 04.04.2022).
5. Массель Л.В., Комендантова Н.П. Оценка рисков природных и техногенных угроз устойчивости энергетических, экологических и социальных систем на основе интеллектуальных информационных технологий // Информационные и математические технологии в науке и управлении, 2019. – №4 (16). – С. 31-45. – DOI: 10.25729/2413-0133-2019-4-03.
6. Слесарев Е.В. Преимущества семантических технологий: практический аспект. – URL: <http://fetmag.mrsu.ru/2012-1/pdf/Slesarev.pdf> (дата обращения: 30.03.2022)
7. Хорошевский, В.Ф. Семантические технологии: ожидания и тренды / В.Ф. Хорошевский // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS -2012). Материалы II Международной научно-технической конференции. – БГУиР. Минск, 2012. – С.143-158.

8. Зайцев А.К. Анализ влияния энергетического сектора на социально-экономическую систему государства // Известия СПбГЭУ, 2022. – №1(133) – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-vliyaniya-energeticheskogo-faktora-na-sotsialno-ekonomicheskuyu-sistemu-gosudarstva> (дата обращения: 01.04.2022)
9. Малый В.И., Гусев В.В. Влияние предприятий энергетики на социально-экономическое развитие и конкурентоспособность региона (на примере Саратовской области) // Вестн. Том. гос. ун-та. Философия. Социология. Политология, 2010. – №1(9). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-predpriyatiy-energetiki-na-sotsialno-ekonomicheskoe-razvitie-i-konkurentosposobnost-regiona-na-primere-saratovskoy-oblasti> (дата обращения: 05.05.2022).
10. Емельянова Л.Л., Латнак Д.В. Оценка влияния отраслей топливно-энергетического комплекса калининградской области РФ на социальную сферу и перспективы экономического развития региона. – URL: <https://journals.kantiana.ru/upload/iblock/77/yztzkkhqvtwozdwoevqq,%20wmpmxuwluggs.pdf> (дата обращения: 05.05.2022)
11. Энергетическая безопасность. Термины и определения / отв. редактор чл.-корр. РАН Воропай Н.И. – М.: «ИАЦ Энергия», 2005. – 60 с.
12. Философский энциклопедический словарь / Гл. редакция: Л. Ф. Ильичёв, П. Н. Федосеев, С. М. Ковалёв, В. Г. Панов. – М.: Советская энциклопедия, 1983.
13. Андрамонова В.В. Социальная система общества: структура и функционирование. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sotsialnaya-sistema-obschestva-struktura-i-funktsionirovanie/> (дата обращения: 30.03.2022)
14. Большая Российская энциклопедия. – URL: <https://bigenc.ru/biology/text/4927341> (дата обращения: 30.03.2022)
15. Васильевская, Е. А. Социально-экологическая система: философский анализ / Е. А. Васильевская // Наука и современность, 2014. – № 27. – С. 223–226.
16. Бабкин, В. О. Социальная экология – новое направление в развитии Единой экологии / В. О. Бабкин // Вестник Оренбургского педагогического университета, 2014. – № 4. – С. 14–22.
17. Стрекалова А.С., Фролов Д.П. Социально-экологическая система как объект экологического маркетинга территорий: анализ и синтез определений / Вестн. Волгогр. гос. ун-та. Сер. 3, Экон. Экол., 2015. – № 4(33). – DOI: <http://dx.doi.org/10.15688/jvolsu3.2015.4.19>
18. Anderies, J. M., M. A. Janssen, and E. Ostrom. A framework to analyze the robustness of social-ecological systems from an institutional perspective. *Ecology and Society*. 2004, 9(1), vol.18, available at: <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss1/art18/> (дата обращения: 05.05.2022)
19. Биологический энциклопедический словарь. – URL: https://dic.academic.ru/dic.nsf/dic_biology/6915/anthropogenic (дата обращения: 05.05.2022)
20. Экологический словарь. – URL: <https://ecolog.academic.ru/1032> (дата обращения: 05.05.2022)
21. Большая Российская энциклопедия. – URL: <https://bigenc.ru/> (дата обращения: 05.05.2022)
22. Экология. Справочник. – URL: <https://ru-ecology.info/term/3832/> (дата обращения: 05.05.2022)
23. ГОСТ 12.1.007-76 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности». – URL: <https://erpstat.ru/othody/klass-opasnosti-veshchestv-gost.html> (дата обращения: 05.05.2022)
24. 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
25. ESG (Environmental, Social and Governance). – URL: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/knowledge/other/esg-environmental-social-governance> (дата обращения: 05.05.2022)
26. Мажорина М.В. ESG принципы в международном бизнесе и «устойчивые контракты» / Актуальные проблемы российского права, 2021. – Т.16. – №12. – С.195-198. – DOI: 10.17803/1994-1471.2021.133.12.185-198
27. Ворожцова Т.Н., Иванова И.Ю., Майсюк Е.П. Компоненты онтологического пространства знаний для оценки влияния энергетики на качество жизни населения // Информационные и математические технологии в науке и управлении, 2021. – № 3(23). – С. 17-27. – DOI: 10.38028/ESI.2021.23.3.002
28. Vorozhtsova T.N., Ivanova I.Y., Maysyuk E.P. Integration of components of the ontological knowledge space to assess the impact of energy on the quality of life of the population. *Energy Systems Research*, 2021, vol. 4, no. 4, DOI: 10.38028/esr.2021.04.0003
29. Данилов Н.И., Щелоков Я.М. Региональная составляющая стратегии энергосбережения // Экономика региона, 2007. – №3. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/regionalnaya-sostavlyayuschaya-strategii-energoberezeniya> (дата обращения: 25.04.2022).

Ворожцова Татьяна Николаевна, кандидат технических наук, ведущий инженер-исследователь отдела систем искусственного интеллекта в энергетике, *Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН*, *tnn@isem.irk.ru*, ORCID: 0000-0002-4022-8937, Россия, Иркутск, Лермонтова д. 130

UDC 004. 822: (620.9 + 504.03)

DOI:10.38028/ESI.2022.26.2.012

Ontological analysis of the interrelationships of energy and socio-ecological systems

Tatyana N. Vorozhtsova

Melentiev Energy Systems Institute SB RAS, Irkutsk, Russia, *tnn@isem.irk.ru*

Abstract. The paper is devoted to the need to integrate studies of energy and socio-ecological systems, due to their mutual influence. To support interdisciplinary research in these areas involving the integration of energy, environmental and social components, it is proposed to use an ontological approach to identifying, describing and structuring the relationships between these complex systems. The interrelations reflecting both negative and positive influence of functioning of power facilities on the corresponding socio-ecological system are considered. The indicators of sustainable development of socio-ecological systems are considered. In order to compare the positive and negative impact of the functioning of energy facilities on the population, quality of life indicators are considered as a way to assess this impact. Ontologies structuring the basic concepts of the subject area of research on the anthropogenic impact of energy facilities, quality of life and reflecting their integration are presented.

Keywords: Ontological approach, anthropogenic impact, quality of life, energy system, socio-ecological system

Acknowledgements: The result were obtained as part of the implementation of the basic project MESI SB RAS AAAA-A21-121012090007-7, State registration №.FWE U-2021-0007 and supported by the Russian Foundation for Basic Research grant № 20-07-00195.

References

1. Makarov A.A. Mirovaya energetika i Evrazijskoe energeticheskoe prostranstvo [World energy and the Eurasian Energy Space]. Moscow, Energoatomizdat, 1998, 280 p.
2. Xionan Liu, Kai Hou, Hongjie Jia, Jumbo Zhao, Lamine Mili, Yunfei Mu, Jusong Rim, Yunkai Lei. A Resilience Assessment Approach for Power System from Perspectives Of System and Component Levels. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, January, 2020. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/338457248> (accessed: 05/05/2022)
3. Bernhard-Johannes Jesse, Heidi Ursula Heinrichs, Wilhelm Kuckshinrichs. Adapting the theory of resilience to energy systems: a review and outlook. *Energy, Sustainability and Society*. 2019. 9:27. Available at: <https://energysustainsoc.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13705-019-0210-7> (accessed: 05/05/2022)
4. Bobylev S.N., Kudryavceva O.V., Solov'eva S.V., Sitkina K.S. Indikatory ekologicheskoi ustojchivogo razvitiya: regional'noe izmerenie [Indicators of environmentally sustainable development: regional dimension]. *Bulletin of the Moscow University. Series 6. Economics*, 2018, no. 2. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/indikatory-ekologicheskoi-ustoychivogo-razvitiya-regionalnoe-izmerenie> (accessed: 04/04/2022).
5. Massel' L.V., Komendantova N.P. Ocenka riskov prirodnyh i tekhnogennyh ugroz ustojchivosti energeticheskikh, ekologicheskikh i social'nyh sistem na osnove intellektual'nyh informacionnyh tekhnologij [Risk assessment of natural and man-made threats to the sustainability of energy, environmental and social systems based on intelligent information technologies]. *Informacionnye i matematicheskie tekhnologii v nauke i upravlenii* [Information and mathematical technologies in science and management], 2019, no. 4(16), pp. 31-45. DOI: 10.25729/2413-0133-2019-4-03.
6. Slesarev E.V. Preimushchestva semanticheskikh tekhnologij: prakticheskij aspekt [Advantages of semantic technologies: practical aspect]. Available at: <http://fetmag.mrsu.ru/2012-1/pdf/Slesarev.pdf> (accessed: 03/30/2022)

7. Horoshevskij V.F. Semanticheskie tekhnologii: ozhidaniya i trendy [Semantic technologies: expectations and trends]. Otkrytye semanticheskie tekhnologii proektirovaniya intellektual'nyh sistem (OSTIS -2012). Materialy II Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii [Open semantic technologies for designing intelligent systems. Materials of the II International Scientific and Technical Conference], 2012, pp. 143-158.
8. Zajcev A.K. Analiz vliyaniya energeticheskogo sektora na social'no-ekonomicheskuyu sistemu gosudarstva [Analysis of the impact of the energy sector on the socio-economic system of the state]. Izvestiya SPbGEU, 2022, no. 1(133). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-vliyaniya-energeticheskogo-faktora-na-sotsialno-ekonomicheskuyu-sistemu-gosudarstva> (accessed: 04/01/2022)
9. Mal'j V.I., Gusev V.V. Vliyanie predpriyatij energetiki na social'no-ekonomicheskoe razvitie i konkurentosposobnost' regiona (na primere Saratovskoy oblasti) [The influence of energy companies on the socio-economic development and competitiveness of the region (on the example of the Saratov region)]. Tomsk State University Journal of Philosophy, Sociology and Political Science, 2010, no. 1(9). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-predpriyatij-energetiki-na-sotsialno-ekonomicheskoe-razvitie-i-konkurentosposobnost-regiona-na-primere-saratovskoy-oblasti> (accessed: 05/05/2022).
10. Emel'yanova L.L., Latnak D.V. Ocenka vliyaniya otraslej toplivno-energeticheskogo kompleksa kaliningradskoj oblasti RF na social'nuyu sferu i perspektivy ekonomicheskogo razvitiya regiona [Assessment of the impact of the branches of the fuel and energy complex of the Kaliningrad region of the Russian Federation on the social sphere and prospects for economic development of the region]. Available at: <https://journals.kantiana.ru/upload/iblock/577/yztzkkhqvtwozdwoevqq,%20wmpmxuwluqs.pdf> (accessed: 05/05/2022)
11. Energeticheskaya bezopasnost'. Terminy i opredeleniya [Energy security. Terms and definitions]. Editor-in-chief of the Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences Voropaj N.I, Moscow, « IAC Energiya», 2005, 60 p.
12. Filosofskij enciklopedicheskij slovar' [Philosophical Encyclopedic Dictionary, Chief Editorial Office: L. F. Il'ichyov, P. N. Fedoseev, S. M. Kovalyov, V. G. Panov, Moscow, Sovetskaya enciklopediya, 1983.
13. Andramonova V.V. Social'naya sistema obshchestva: struktura i funkcionirovanie [The social system of society: structure and functioning]. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/sotsialnaya-sistema-obshchestva-struktura-i-funktsionirovanie/> (accessed: 03/30/2022)
14. Bol'shaya Rossijskaya enciklopediya [The Great Russian Encyclopedia]. Available at: <https://bigenc.ru/biology/text/4927341> (accessed: 03/30/2022)
15. Vasilovskaya, E. A. Social'no-ekologicheskaya sistema: filosofskij analiz [Socio-ecological system: philosophical analysis]. Nauka i sovremennost' [Science and modernity], 2014, no. 27, pp. 223–226.
16. Babkin, V. O. Social'naya ekologiya – novoe napravlenie v razvitii Edinoj ekologii [Social ecology is a new direction in the development of a Unified ecology]. Vestnik of Orenburg State Pedagogical University, 2014, no. 4, pp. 14–22.
17. Strelalova A.S., Frolov D.P. Social'no-ekologicheskaya sistema kak ob"ekt ekologicheskogo marketinga territorij: analiz i sintez opredelenij [Socio-ecological system as an object of ecological marketing of territories: analysis and synthesis of definitions]. Vestn. Volgogr. gos. un-ta. Ser. 3, Ekon. Ekol [Journal of Volgograd State University. Economics. Ecology], 2015, no. 4(33). DOI: <http://dx.doi.org/10.15688/jvolsu3.2015.4.19>
18. Anderies, J. M., M. A. Janssen, and E. Ostrom. A framework to analyze the robustness of social-ecological systems from an institutional perspective. Ecology and Society, 2004, no. 9(1): 18. Available at: <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss1/art18/> (accessed: 05/05/2022)
19. Biologicheskij enciklopedicheskij slovar' [Biological encyclopedic dictionary]. Available at: https://dic.academic.ru/dic.nsf/dic_biology/6915/anthropogenic (accessed: 05/05/2022)
20. Ekologicheskij slovar' [Ecological Dictionary]. Available at: <https://ecolog.academic.ru/1032> (accessed: 05/05/2022)
21. Bol'shaya Rossijskaya enciklopediya [The Great Russian Encyclopedia]. Available at: <https://bigenc.ru/> (accessed: 05/05/2022)
22. Ekologiya. Spravochnik [Ecology. Guide]. Available at: <https://ru-ecology.info/term/3832/> (accessed: 05/05/2022)
23. GOST 12.1.007-76 «Vrednye veshchestva. Klassifikaciya i obshchie trebovaniya bezopasnosti» [Harmful substances. Classification and general safety requirements]. Available at: <https://erpstat.ru/othody/klass-opasnosti-veshchestv-gost.html> (accessed: 05/05/2022)
24. Vorozhova T.N., Majsyuk E.P., Ivanova I.Yu. Sistema ontologij dlya issledovaniya antropogennogo vliyaniya ob"ektov energetiki na okruzhayushchuyu sredu [Ontology system for the study of anthropogenic impact of energy facilities on the environment]. Informacionnye i matematicheskie tekhnologii v nauke i upravlenii [Information and mathematical technologies in science and management], 2020, no. 1(17), pp. 89-104. DOI: 10.38028/ESI.2020.17.1.007

25. ESG (Environmental, Social and Governance). Available at: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/knowledge/other/esg-environmental-social-governance> (accessed: 05/05/2022)
26. Mazhorina M.V. ESG principy v mezhdunarodnom biznese i «ustojchivye kontrakty» [ESG principles in international business and "sustainable contracts"]. Actual Problems of Russian Law Journal, 2021, vol. 16, no. 12, pp. 195-198. DOI: 10.17803/1994-1471.2021.133.12.185-198
27. Vorozhцова T.N., Ivanova I.Yu., Majsyuk E.P. Komponenty ontologicheskogo prostranstva znaniy dlya ocenki vliyaniya energetiki na kachestvo zhizni nasedeniya [Components of the ontological knowledge space for assessing the impact of energy on the quality of life of the population]. Informacionnye i matematicheskie tekhnologii v nauke i upravlenii [Information and mathematical technologies in science and management], 2021, no. 3(23), pp. 17-27. DOI: 10.38028/ESI.2021.23.3.002
28. Vorozhtsova T.N., Ivanova I.Y., Maysyuk E.P. Integration of components of the ontological knowledge space to assess the impact of energy on the quality of life of the population. Energy Systems Research, 2021, vol. 4, no. 4. DOI: 10.38028/esr.2021.04.0003
29. Danilov N.I., Shchelokov Ya.M. Regional'naya sostavlyayushchaya strategii energosberezheniya [Regional component of the energy saving strategy]. Economy of regions, 2007, no. 3. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/regionalnaya-sostavlyayushchaya-strategii-energoberezheniya> (accessed: 04/25/2022).

Tatiana N. Vorozhtsova, Ph.D, Leading Research Engineer of the Department of Artificial Intelligence Systems in Energy, Melentiev Energy Systems Institute SB RAS, tnn@isem.irk.ru, ORCID: 0000-0002-4022-8937, Russia, Irkutsk, Lermontova d. 130

Статья поступила в редакцию 06.05.2022; одобрена после рецензирования 16.05.2022; принята к публикации 20.05 2022.

The article was submitted 05/06/2022; approved after reviewing 05/16/2022; accepted for publication 05/20/2022.