

УДК 004.8: (620.9 + 504.03)

**КАЧЕСТВО ЖИЗНИ КАК ФАКТОР ИНТЕГРАЦИИ
ИССЛЕДОВАНИЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ,
СОЦИО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И СОЦИО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Массель Людмила Васильевна

д.т.н., профессор, гл. н. с.,
зав. отделом «Системы искусственного интеллекта в энергетике»,
e-mail: lvmassel@gmail.com

Пестерев Дмитрий Вячеславович

старший инженер отдела «Системы искусственного интеллекта в энергетике»,
e-mail: pesterev.dmitriy@gmail.com

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

Аннотация. Рассматривается понятие устойчивости в смысле «Resilience» и связанные с ним понятия энергетической и экологической безопасности. Предлагается рассматривать качество жизни как фактор интеграции исследований устойчивости энергетических, социо-экологических и социо-экономических систем. Вводятся критерии устойчивости энергетических, экологических и социальных систем. Когнитивное моделирование рассматривается как один из основных инструментов исследований устойчивости. Приводятся примеры когнитивного моделирования.

Ключевые слова: устойчивость, энергетические, социо-экологические и социо-экономические системы, качество жизни, когнитивное моделирование.

Цитирование: Массель Л.В., Пестерев Д.В. Качество жизни как фактор интеграции исследований устойчивости энергетических, социо-экологических и социо-экономических систем // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2021. 3 (23). С. 5-16.
DOI: 10.38028/ESI.2021.23.3.001.

Введение. В последнее время за рубежом вызывает большой интерес направление, определяемое термином «Resilience», который переводится на русский язык как «устойчивость» или «упругость». В России эти исследования ведутся в основном в области технической устойчивости, в то время как в Западной Европе рассматривают это направление шире и включают в рассмотрение также экологическую, психологическую, социальную и экономическую устойчивость. С другой стороны, факторы, определяющие социальную устойчивость в зарубежных работах, перекликаются с факторами, используемыми при оценке качества жизни в рамках этих исследований, выполняемых в России.

Постановка задачи интеграции исследований устойчивости энергетических и социо-экологических систем была выполнена авторами совместно с коллегами из Международного института прикладного системного анализа (International Institute of Application System Analysis) - МИПСА или IIASA (Лаксенбург, Австрия) [1, 2].

Под социо-экологическими системами (в русском языке часто используется термин «социально-экологические», в английском - Socio-ecological Systems) будем понимать природные системы, весьма чувствительные к антропогенным воздействиям и социальным изменениям¹.

Социо (социально)-экономическая система определяется там же как структура социальных и экономических отношений в обществе, включающая взаимоотношение между социальными группами, право собственности, судебную систему и пр.

¹ Словарь по географии, 2015, https://geography_ru.academic.ru/

В исследованиях устойчивости предлагается использовать концепцию ситуационного управления и семантическое моделирование (в первую очередь когнитивное). В статье рассматриваются эти понятия и перспективы их применения в исследованиях устойчивости.

Определения устойчивости. Концепция устойчивости (в смысле resilience) не имеет уникального определения, из-за ее широкого использования в разных областях с различными значениями и последствиями [3-8]. Устойчивость часто определяется как способность системы возвращаться к равновесию, или, скорее, способность вернуться к равновесию и развиваться, несмотря на дальнейшие толчки и нарушения.

Одно из самых популярных определений было предложено Davoudi (2012): «Устойчивость – это способность системы возвращаться к равновесию или устойчивому состоянию после возмущения, такого, как наводнения, землетрясения или другие стихийные бедствия, а также техногенные катастрофы, такие, как банковские кризисы, войны или революции» [3]. Одно из более широких определений, часто используемое в международной практике, было предложено Международной группой экспертов по изменению климата (IPCC, 2012): «Устойчивость как способность системы и ее компонентов своевременно и эффективно предвидеть, переносить, приспосабливаться и восстанавливаться от последствий потенциально опасного события». Уровень устойчивости пропорционален скорости возвращения назад (восстановления).

Согласно экологическому подходу, устойчивость – мера постоянства экосистем и их способности адаптироваться к изменениям и нарушениям и по-прежнему поддерживать одни и те же отношения между населением или государством (Holling, 1996) [4]. Понятия постоянства, изменения и непредсказуемости в этом определении отличаются от эффективности, постоянства и предсказуемости в технической устойчивости. Под устойчивостью экосистемы понимается способность поглощать возмущающие факторы и реорганизовываться, пока система претерпевает изменения.

При рассмотрении социальной устойчивости выделяют следующие факторы: моральные ценности, реалистический оптимизм, устойчивая ролевая модель, получение социальной поддержки, ментальная и эмоциональная гибкость, смысл жизни и цели, духовные практики, физическая активность, способность противостоять страхам. Уделяется большое внимание связи между снижением риска бедствий и устойчивостью.

Большое значение в исследованиях устойчивости имеют вопросы энергетической и экологической безопасности. Важным аспектом обеспечения энергетической безопасности (ЭБ) страны [9] является исследование негативного воздействия природных катаклизмов на энергетические системы с целью снижения рисков крупных системных аварий, оказывающих существенное влияние на качество жизни населения. Природные риски, такие, как землетрясения, штормы, наводнения, периоды экстремальной жары, названы в числе главных причин возникновения каскадных аварий в энергосистемах. Последние данные свидетельствуют о том, что изменение климата ведёт к росту числа экстремальных природных катаклизмов, которые могут привести к системным авариям.

Необходимость совместного рассмотрения экологических, социальных и экономических факторов подтверждается также тем, что сейчас одним из мировых принципов ответственного инвестирования является проверка компании на соответствие критериям ESG (англ. environmental – экология, social – социальное развитие, governance – корпоративное управление), т.е. ESG – это три параметра, в соответствии с которыми компании обеспечивают управление устойчивым развитием, направленным на обеспечение достойного качества жизни людей [10]. Эти параметры подробнее будут рассмотрены ниже.

Адаптация концепции ситуационного управления для исследований устойчивости. В работах коллектива, представляемого авторами, применяется концепция ситуацион-

ного управления, первоначально предложенная Д.А. Поспеловым [11]. Использовалась современная трактовка ситуационного управления [12], суть которой состоит в следующем. Полагая, что текущая ситуация C принадлежит некоторому классу Q' , а целевая (заданная) ситуация Gg – классу Q'' , ищется такое управление (вектор управляющих воздействий U), принадлежит множеству допустимых управлений Ωu и обеспечивает требуемое преобразование одного класса ситуаций в другой:

$$C \in Q' \xrightarrow{U \in \Omega u} G_g \in Q''$$

Для исследований устойчивости энергетических и социо-экологических систем авторами совместно с коллегами [2] выполнена адаптация концепции ситуационного управления (рис. 1), учитывающая фактор возмущений F (набор сценариев чрезвычайных ситуаций Ei). Развитием и применением этой концепции при построении интеллектуальных систем поддержки принятия решений (СППР) коллектив, представляемый авторами, занимается более 10 лет.

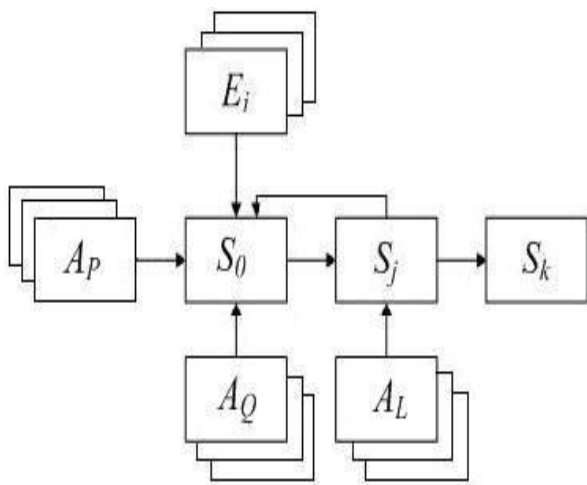


Рис.1. Адаптация концепции ситуационного управления к исследованиям устойчивости

Комментарий к рис.1. $\{S_0\}$ – начальное устойчивое состояние системы (текущая ситуация C); $\{E_i\}$ – i -й сценарий чрезвычайной ситуации (набор сценариев – вектор возмущений F); $\{A\} = \{A_P, A_Q, A_L\}$ – набор превентивных, оперативных и ликвидационных мероприятий, нейтрализующих или смягчающих последствия чрезвычайной ситуации (ЧС) (вектор управляющих воздействий U); $\{S_j\}$ – состояние системы после ЧС $\{E_i\}$ с учетом реализации набора мероприятий $\{A_p\}$ и/или $\{A_Q\}$ (возможно, устойчивое состояние); $\{S_k\}$ – состояние системы после проведения ликвидационных мер (устойчивое состояние); S_j и S_k могут рассматриваться как аналоги соответствующих целевых ситуаций Gg .

Это позволяет применить в исследованиях устойчивости весь арсенал инструментальных средств семантического моделирования, разработанных ранее для исследования проблем энергетической и экологической безопасности и интегрированных в рамках интеллектуальной ИТ-среды [13].

Качество жизни. Качество жизни мировое научное сообщество понимает, как совокупность объективных и субъективных параметров, характеризующих максимальное количество сторон жизни человека, его положение в обществе и удовлетворенность им. Интегральный показатель качества жизни обобщает показатели здоровья, социального самочувствия, субъективного социального благополучия и благосостояния [14].

Качество жизни дифференцируют от широко используемого понятия «уровень жизни», под которым подразумевается исключительно материальная составляющая. Дж. Форрестер высказывал предположение о том, что уровень и качество жизни находятся в обратной зависимости по отношению один к другому: чем выше уровень жизни, связанный с темпами роста промышленного производства, тем быстрее истощаются минеральные ресурсы, быстрее загрязняется природная среда, выше скученность населения, хуже состояние здоровья людей, больше стрессовых ситуаций, то есть ухудшается качество жизни.

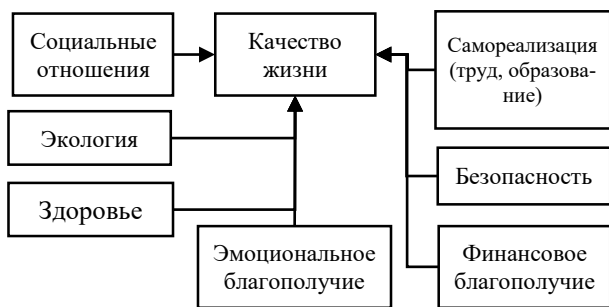


Рис. 2. Составляющие качества жизни согласно определению ВОЗ (Всемирной организации здравоохранения)

Качество жизни определяется не только финансовым благополучием, но еще учитывает состояние защищенности, здоровье, положение человека в обществе и, главное, его собственную оценку всех этих факторов (рис. 2-3). Интегральный показатель качества жизни обобщает показатели здоровья, социального самочувствия, субъективного социального благополучия и благосостояния [14].

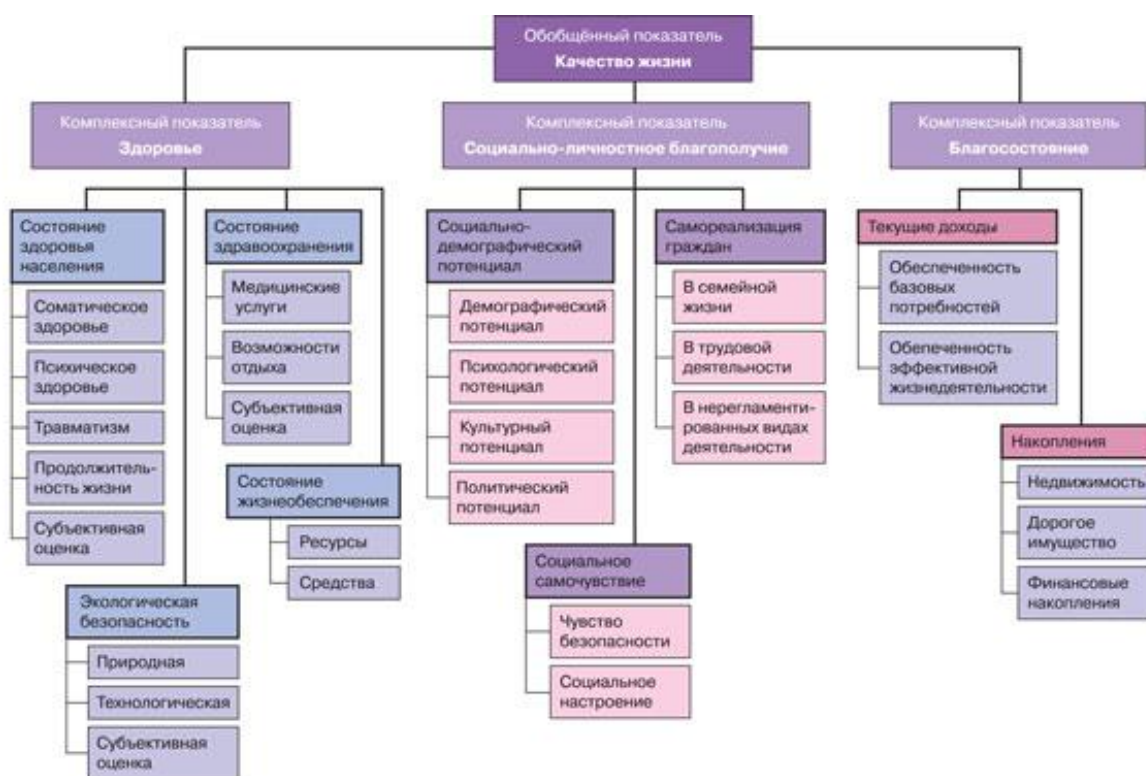


Рис. 3. Структура качества жизни (вариант ВНИИТЭ)

В энергетических исследованиях и качество жизни до последнего времени не учитывалось. Кроме того, население традиционно относилось к категории бытовых потребителей, нужды которых учитывались в последнюю очередь. Развитие такого научного направления, как исследования качества жизни, требует пересмотреть сложившуюся ситуацию и рассматривать качество жизни как категорию, связанную не только со здоровьем, но и с влиянием внешних факторов, в том числе, таких, как обеспеченность населения энергоресурсами, что напрямую связано с проблемой энергетической безопасности.

Поскольку для оценки качества жизни используются объективно-субъективные показатели, для комплексного решения проблемы необходимо привлечение качественных методов системного анализа, в частности, семантического моделирования, которое можно рассматривать совместно с математическим моделированием при наличии количественной информации, необходимой для математических моделей.

Под руководством Л.В. Массель была предложена и развивалась идея использования для интегральной оценки качества жизни когнитивного моделирования [15-16]. Это один из

видов семантического моделирования, основанный на построении когнитивных моделей, описывающих основные концепты моделируемых ситуаций и причинно-следственные связи между концептами. Их графическое отображение называют когнитивными картами. Когнитивное моделирование активно развивается и используется как в нашей стране (например, в Институте проблем управления РАН), так и за рубежом (Groumpos, Stilios и др.) [17-19].

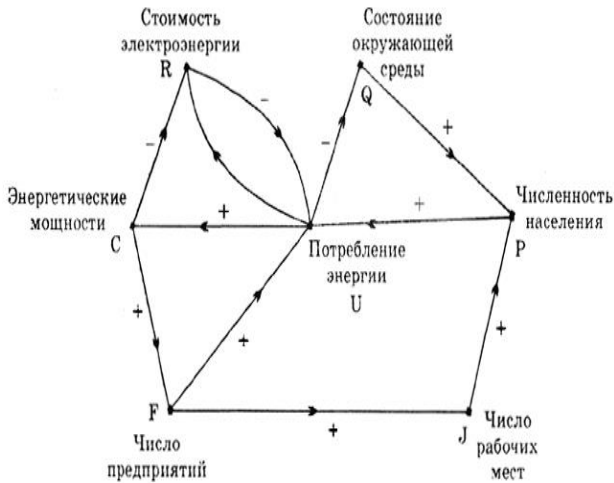


Рис. 4. Карта Робертса-Аксельрода

С помощью разработанного в коллективе, представляемом авторами, инструментального средства когнитивного моделирования CogMap построена когнитивная карта интегральной оценки качества жизни, на основе применяемой социологами методики SF-36, в которую включен внешний фактор «Обеспеченность энергетическими ресурсами»; для его определения сформирована анкета для социального опроса населения (рис. 5) [15-16].

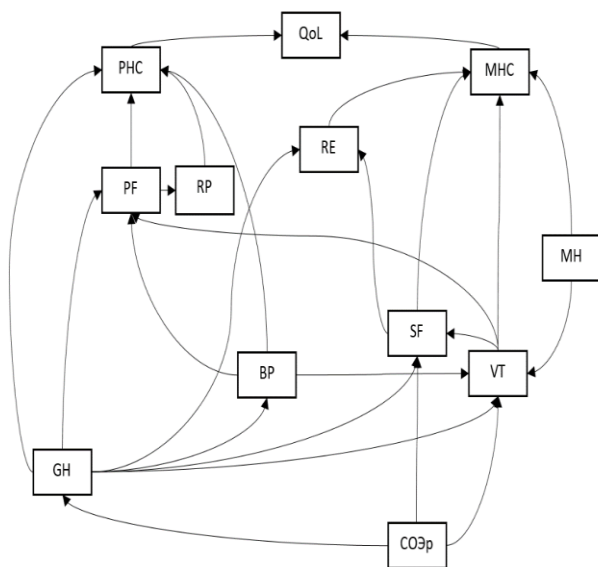


Рис. 5. Когнитивная карта индикаторов качества жизни согласно методике SF-36 (все связи положительные(+))

Одной из первых когнитивных карт, связывающих энергетические, экологические и социальные факторы, можно считать ставшую классической когнитивную карту Робертса-Аксельрода (рис. 4) [20-21].

Она была предложена Робертсом как знаковый оргграф и приведена впоследствии в книге Аксельрода как когнитивная карта, поэтому в ряде источников она приводится как когнитивная карта Аксельрода.

Комментарии к рис. 4:

PF (Physical Functioning) - физическое функционирование; RP (Role-Physical Functioning) – ролевое функционирование, обусловленное физическим состоянием; BP (Bodily pain) – интенсивность боли; GH (General Health) – общее состояние здоровья; VT (Vitality) – жизненная активность; SF (Social Functioning) – социальное функционирование; RE (Role-Emotional) – ролевое функционирование, обусловленное эмоциональным состоянием; MH (Mental Health) – психическое здоровье; PHC (Physical health) – общий компонент физического здоровья; MHC (Mental health) – общий компонент психического здоровья; QoL (Quality of Life) – интегральный показатель качества жизни; COЭр – степень обеспеченности энергетическими ресурсами.

Критерии устойчивости. Для энергетических систем такими критериями могут быть показатели обеспеченности энергоресурсами требуемого качества и в нужном объеме (т.е. количественные критерии – индикаторы энергетической безопасности).

Для экологических систем: в роли количественных критериев устойчивости могут выступать значения ПДК (предельно допустимых концентраций). Качественными критериями могут быть, например, общая и удельная (на человека и ВВП) эмиссия CO₂; тенденция выбросов парниковых газов; эффективность производства и потребления энергии; доля возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и АЭС и др. Для социальных систем критериями устойчивости могут быть основные показатели качества жизни: состояние экологии, здоровья, социальные отношения, самореализация (труд, образование), безопасность, эмоциональное и финансовое благополучие; обеспеченность энергетическими ресурсами.

При формировании критериев устойчивости для социо-экологических и социально-экономических систем целесообразно учитывать также параметры ESG [10].

E-факторы включают: оценку экологической политики компании; влияния деятельности компании на атмосферу; влияние на водную среду; влияние на почву; обращение с утилизацией отходов; использование компанией в своем управлении показателей, для оценки влияния деятельности компании на окружающую среду; наличие в компании плана по снижению негативного влияния на окружающую среду; наличие «зеленых проектов» в кредитном портфеле (рейтинга деятельности банков).

S-факторы включают: оценку политики компании в области корпоративной социальной ответственности; оплату труда сотрудников; социальную защищенность и профессиональное развитие сотрудников; текучесть кадров; охрану труда и производственную безопасность; работу с клиентами; наличие плана по улучшению социально значимых показателей.

G-факторы включают: оценку деловой репутации, стратегию развития, эффективность Совета директоров, деятельность исполнительных органов, наличие системы управления рисками, степень транспарентности (прозрачности) информации, защиту прав собственников [22].

Для нас в плане рассматриваемой постановки задачи важны *E*-факторы и *S*-факторы, которые преимущественно являются качественными. Очевидно, что для описания качественных критериев нужен новый инструментарий, для чего также могут быть использованы инструментальные средства семантического моделирования (когнитивное, событийное и вероятностное) [13].

Инструментальные средства для исследований устойчивости. Как упоминалось выше, адаптация концепции ситуационного управления к исследованиям устойчивости позволяет применить весь спектр инструментальных средств семантического моделирования (онтологического, когнитивного, событийного и вероятностного, на основе Байесовских сетей доверия), а также технологию управления знаниями [23], разработанные ранее для исследования проблем энергетической и экологической безопасности. На рис. 6 приведена разработанная ранее когнитивная карта в нотации инструментального средства когнитивного моделирования CogMap [24], которая в исследованиях устойчивости иллюстрирует связь экологических факторов (похолодание), энергетических факторов, влияющих на устойчивость энергетических систем (увеличение потребления энергоресурсов и возникновение их дефицита) и факторов (мероприятий), снижающих вероятность наступления критической ситуации (увеличение выработки теплоэнергии и электроэнергии).

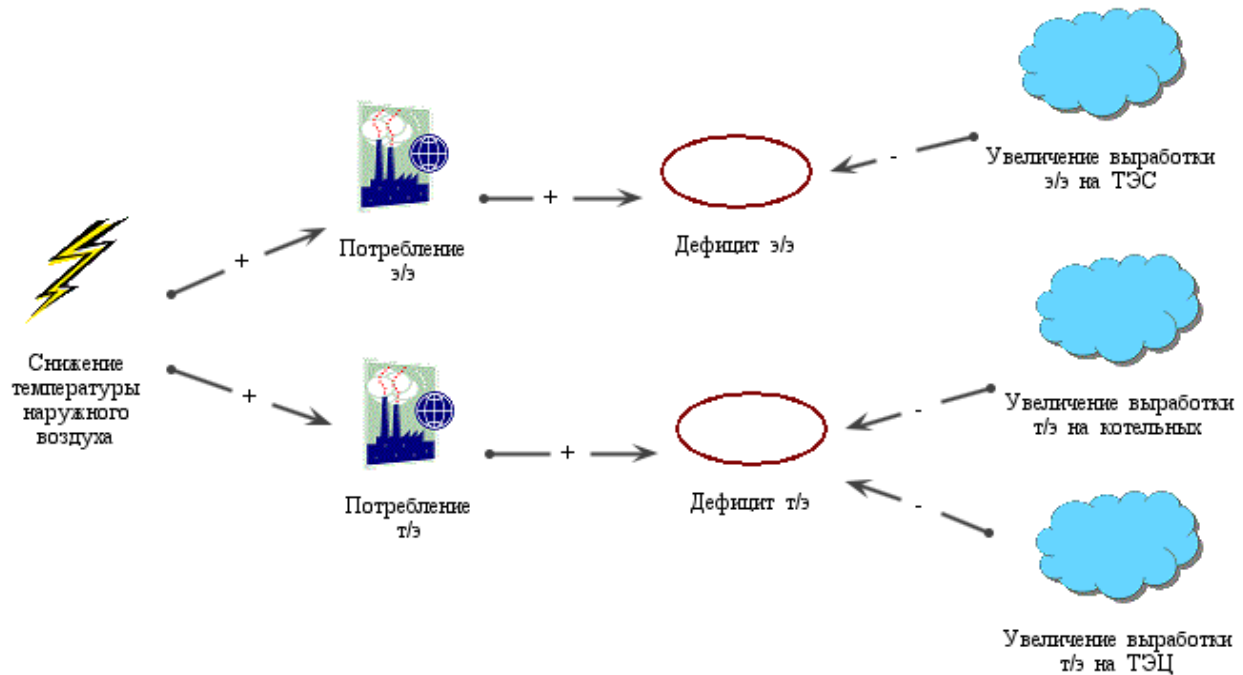


Рис. 6. Когнитивная карта, связывающая экологические и энергетические факторы

Будут применены также инструментальные средства поддержки технологии управления знаниями, обеспечивающие преобразование причинно-следственных отношений когнитивных карт в продукционные правила экспертной системы и последующий их анализ с применением машины вывода экспертной системы [23].

Кроме того, для поддержки исследований устойчивости будет использованы разработанная архитектура [25] и реализованные основные компоненты интеллектуальной системы поддержки принятия решений (ИСППР), включающей четыре уровня: математического моделирования (методы, модели и программы), семантического моделирования (онтологического, когнитивного, событийного и вероятностного (на основе Байесовских сетей доверия)); представления данных и геоинформационной системы (базы данных и геоинформационные системы) и представления знаний (базы знаний и система онтологий) (в частности, [26]). Основные компоненты ИСППР были применены при выполнении международного проекта «Методы и технологии оценки влияния энергетики на геоэкологию региона», выполненного в 2018-2020 г. при поддержке фондов ЕАПИ-РФФИ совместно с учеными Армении и Беларуси [27, 28].

Заключение. В статье представлена постановка задачи интеграции исследований устойчивости энергетических, социо-экологических и социо-экономических систем с использованием качества жизни как фактора интеграции. Определены основные понятия, проиллюстрирована адаптация концепции ситуационного управления к этим исследованиям. Введены критерии устойчивости энергетических, социальных и экологических систем. Показаны примеры применения когнитивного моделирования индикаторов качества жизни и взаимосвязи энергетических, экологических и социальных факторов, рассмотрены возможности адаптации и применения разработанных ранее инструментальных средств для исследований устойчивости.

В настоящее время исследования выполняются в отделе «Системы искусственного интеллекта в энергетике», в рамках проекта по госзаданию ИСЭМ СО РАН №АААА-17-117030310444, при частичной финансовой поддержке РФФИ, грант №19-07-00351, грант № 20-07-00195.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.
2. Массель Л.В., Массель А.Г., Комендантова Н.П. Подход к исследованиям устойчивости энергетических и экологических систем на основе интеллектуальных информационных технологий / Труды Международной научной конференции «Устойчивое развитие энергетики республики Беларусь: состояние и перспективы». Минск: Беларус. Навука. 2020. ISBN 978-985-08-2654-1. С. 33-43.
3. Davoudi, S. Resilience: A Bridging Concept or a Dead End / Planning Theory and Practice. – 2012. № 13 (2). Pp. 299-307.
4. Holling, C. Engineering Resilience Versus Ecological Resilience / Engineering Within Ecological Constraints. Ed.: Peter Schultz, National Academy Press. Washington D.C.. 1996. Pp. 31-43.
5. Cen Nan, Sansavini G., Kroeger W. Building an integrated metric for quantifying the resilience of interdependent infrastructure systems // 9th Intern. Conf. on Critical Information Infrastructure Security. Limassol. Cyprus. October 13-15. 2014. 12 p.
6. Cimellaro G., Reinhorn A. & Bruneau M. Seismic resilience of a hospital system, Structure and Infrastructure Engineering 6 (1-2). 2010. Pp. 127-144.
7. Yezhou Wang, Chen Chen, Jianhui Wang, Baldick R. Research on resilience of power systems under natural disasters – A review // IEEE Trans. Power Syst. 2016. Vol. 31. № 2. Pp. 1604–1612.
8. Zhonglin Wang, Nistor M.S., Pickl S.W. Analysis of the definitions of resilience // 20th IFAC World Congress. Toulouse. France. July 9-14. 2017. Pp. 11136-11144.
9. Энергетическая безопасность России: проблемы и пути их решения / Н.И. Пяткова и др. Отв. ред. Н.И. Воропай, М.Б. Чельцов. ИСЭМ СО РАН. Новосибирск: Изд-во СО РАН. 2011. 198 с.
10. Environmental, social and governance (ESG) scores from refinitiv. Режим доступа: https://www.refinitiv.ru/content/dam/marketing/en_us/documents/methodology/esg-scores-methodology.pdf (дата обращения: 14.10.2021).
11. Поспелов Д.А. Ситуационное управление. Теория и практика. М. Наука. 1986. 284 с.
12. Васильев В.И., Ильясов Б.Г. Интеллектуальные системы управления. Теория и практика. М. Радиотехника. 2009. 392 с.
13. Массель Л.В., Массель А.Г. Технологии и инструментальные средства интеллектуальной поддержки принятия решений в экстремальных ситуациях в энергетике // Вычислительные технологии. 2013. Т.18. С. 37-44.
14. Финогенко И.А., Дьякович М.П., Блохин А.А. Методология оценивания качества жизни, связанного со здоровьем // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. Т. 21. №. 1. 2016. С. 121-130.
15. Массель Л.В., Блохин А.А. Когнитивное моделирование индикаторов качества жизни: предлагаемый подход и пример использования // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. Т.14. №2. 2016. С. 72-79.
16. Массель Л.В., Блохин А.А. Метод когнитивного моделирования индикаторов качества жизни с учетом внешних факторов // Наука и образование. Научное издание МГТУ им. Баумана. №4. 2016. С. 65-75. DOI: 10.7463/0416.0839061.

17. Трахтенгерц Э.А. Компьютерная поддержка принятия решений. М.:СИНТЕГ. 1998. 376 с.
18. Groumpos Peter P. Intelligence and fuzzy cognitive maps: scientific issues, challenges and opportunities // *Studies in Informatics and Control*. 2018. Vol. 27(3). Pp . 247-264. <https://doi.org/10.24846/v27i3y201801>.
19. Stylios C.D., Bourgani E., Georgopoulos V.C. Impact and Applications of Fuzzy Cognitive Map Methodologies // *Beyond Traditional Probabilistic Data Processing Techniques: Interval, Fuzzy etc. Methods and Their Applications*. *Studies in Computational Intelligence*. Vol 835. Springer, Cham, pp. 229-246. DOI: 10.1007/978-3-030-31041-7_13.
20. Roberts Fred S. *Discrete Mathematical Models with Applications to Social, Biological, and Environmental Problems*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall. 1976. 559 p.
21. Axelrod R. *Structure of Decision: The Cognitive Maps of Political Elites*. Princeton: Princeton University Press. 1976. 422 p.
22. Соболева О.В., Стешенко А.С. «ESG-факторы» как новый механизм активизации ответственного инвестирования и достижения целей устойчивого развития / *Устойчивое развитие: вызовы и возможности* // Сб. научн. статей под ред. канд. экон. наук Е.В. Викторовой. СПб. : Изд-во СПбГЭУ. 2020. С. 246-255.
23. Массель Л.В., Массель А.Г., Пестерев Д.В. Технология управления знаниями с использованием онтологий, когнитивных моделей и продукционных экспертных систем. *Известия ЮФУ. Технические науки*. 2019. №4. С. 140-152.
24. Массель А.Г., Пяткова Е.В. Интеллектуальные информационные технологии для исследований проблем энергетической безопасности / *Труды Всероссийского семинара с международным участием «Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики»: Вып.64. Надежность систем энергетики: достижения, проблемы, перспективы*. ISBN 978-5-93908-115-3. Иркутск: ИСЭМ СО РАН. 2014. С. 472-483.
25. Массель Л.В. Проблема оценки влияния энергетики на геоэкологию региона: постановка и пути решения / *Информационные и математические технологии в науке и управлении*. 2018. №2. С. 5-21.
26. Кузьмин В.Р. Разработка информационной подсистемы для расчёта и визуализации вредных выбросов от объектов энергетики. *Информационные и математические технологии в науке и управлении*. 2020. № 1 (17). С. 142-154.
27. Массель Л.В., Массель А.Г. Интеллектуальная поддержка принятия решений по оценке влияния энергетики на геоэкологию с учетом качества жизни / *Труды Международного научно-технического конгресса «Интеллектуальные системы и информационные технологии – 2019»*. Научное изд. В 2-х т. Т.1. Таганрог: Изд-во Ступина. 2019. С. 207-216.
28. L.V. Massel, T.G. Zorina, A.G. Massel. Methodological Approaches to Modeling the Assessment of the Impact of Energy on Geo-Ecology and Quality of Life (on the Example of the Russian and Belarusian Regions) // *Energy Systems Research*. 2019. Vol. 2. № 3. Pp. 63-72.

**QUALITY OF LIFE AS A FACTOR FOR INTEGRATION
OF RESILIENCE RESEARCH OF ENERGY, SOCIO-ECOLOGICAL
AND SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS**

Liudmila V. Massel

Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher,
Head of Department "Artificial Intelligence Systems in Energy",
e-mail: lvmassel@gmail.com

Dmitry V. Pesterev

Senior Engineer of the Department "Artificial Intelligence Systems in Energy",
e-mail: pesterev.dmitriy@gmail.com
Melentiev Energy Systems Institute (MESI) of SB RAS
664033 Irkutsk, Lermontov, 130.

Abstract. The concept of resilience and related concepts of energy and environmental safety are considered. It is proposed to use the quality of life as a integration factor of resilience research of energy, socio-ecological and socio-economic systems. Criteria for the resilience of energy, ecological and social systems are introduced. Cognitive modeling is seen as one of the main tools in resilience research. Examples of cognitive modeling are given.

Keywords: resilience, energy, socio-ecological and socio-economic systems, quality of life, cognitive modeling.

Acknowledgments: The research is carried out within the framework of the project under the state order of the MESI SB RAS № AAAA-17-117030310444, with partial financial support from the Russian Foundation for Basic Research, grant № 19-07-00351, № 20-07-00195.

REFERENCES

1. Massel L.V., Komendantova N.P. Ocenka riskov prirodnyh i tehnogennyh ugroz ustojchivosti jenergeticheskikh, jekologicheskikh i social'nyh sistem na osnove intellektual'nyh informacionnyh tehnologij [Risk assessment of natural and man-made threats to the resilience of energy, ecological and social systems based on intelligent information technologies] // Informacionnye i matematicheskie tehnologii v nauke i upravlenii = Information and Mathematical Technologies in Science and Management. 2019. № 4 (16). Pp. 31-45 (in Russian)
2. Massel L.V., Massel A.G., Komendantova N.P. Podhod k issledovanijam ustojchivosti jenergeticheskikh i jekologicheskikh sistem na osnove intellektual'nyh informacionnyh tehnologij [An approach to research on the sustainability of energy and ecological systems based on intelligent information technologies] // Trudy Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii «Ustojchivoe razvitie jenergetiki respubliky Belarus': sostojanie i perspektivy». Minsk: Belarus. Navuka = Proceedings of the International Scientific Conference "Sustainable Development of the Energy Industry of the Belarus Republic: State and Prospects". Minsk: Belarus. Science. 2020. ISBN 978-985-08-2654-1. Pp. 33-43 (in Russian)
3. Davoudi, S. Resilience: A Bridging Concept or a Dead End / Planning Theory and Practice. 2012. № 13 (2). Pp. 299-307.
4. Holling, C. Engineering Resilience Versus Ecological Resilience / Engineering Within Ecological Constraints. Ed.: Peter Schultz, National Academy Press, Washington D.C.. 1996. Pp. 31-43.

5. Cen Nan, Sansavini G., Kroeger W. Building an integrated metric for quantifying the resilience of interdependent infrastructure systems // 9th Intern. Conf. on Critical Information Infrastructure Security. Limassol. Cyprus. October 13-15. 2014. 12 p.
6. Cimellaro G., Reinhorn A. & Bruneau M. Seismic resilience of a hospital system, Structure and Infrastructure Engineering 6 (1-2). 2010. Pp. 127-144.
7. Yezhou Wang, Chen Chen, Jianhui Wang, Baldick R. Research on resilience of power systems under natural disasters – A review // IEEE Trans. Power Syst. 2016. Vol. 31. № 2. Pp. 1604-1612.
8. Zhonglin Wang, Nistor M.S., Pickl S.W. Analysis of the definitions of resilience // 20th IFAC World Congress. Toulouse. France. July 9-14. 2017. Pp. 11136-11144.
9. Jenergeticheskaja bezopasnost' Rossii: problemy i puti ih reshenija [Energy security of Russia: problems and solutions] / N.I. Pjatkova i dr. Otv. red. N.I. Voropaj, M.B. Chel'cov. = N.I. Pyatkova et al. Ed. N.I. Voropaj, M.B. Cheltsov. MESI SB RAS. Novosibirsk. Izd-vo SO RAN = Publishing House of the SB RAS. 2011. 198 p. (in Russian)
10. Environmental, social and governance (ESG) scores from refinitiv. Available at: https://www.refinitiv.ru/content/dam/marketing/en_us/documents/methodology/esg-scores-methodology.pdf (accessed 14.10.2021).
11. Pospelov D.A. Situacionnoe upravlenie. Teorija i praktika [Contingency management. Theory and practice]. M. Nauka. = Moscow. Science. 1986. 284 p. (in Russian)
12. Vasil'ev V.I., Il'jasov B.G. Intellektual'nye sistemy upravlenija. Teorija i praktika [Intelligent management systems. Theory and practice]. M. 2009. 392 p. (in Russian)
13. Massel L.V., Massel A.G. Tehnologii i instrumental'nye sredstva intellektual'noj podderzhki prinjatija reshenij v jekstremal'nyh situacijah v jenergetike [Technologies and tools of intelligent decision-making support of in emergencies in the energy sector] // Vychislitel'nye tehnologii = Computational technologies. 2013. T.18. Pp. 37-44 (in Russian)
14. Finogenko I.A., D'jakovich M.P., Blohin A.A. Metodologija ocenivanija kachestva zhizni, svjazannogo so zdorov'em [Methodology for assessing the quality of life associated with health] // Vestnik Tambovskogo universiteta. Serija: Estestvennye i tehniczeskie nauki = Bulletin of the Tambov University. Series: Natural and Technical Sciences. 2016. Vol. 21. №. 1. Pp. 121-130 (in Russian)
15. Massel' L.V., Blohin A.A. Kognitivnoe modelirovanie indikatorov kachestva zhizni: predlagaemyj podhod i primer ispol'zovanija [Cognitive modeling of indicators of quality of life: the proposed approach and example of use] // Vestnik NGU. Serija: Informacionnye tehnologii = Bulletin of NSU. Series: Information Technology. 2016. Vol.14. № 2. Pp. 72-79 (in Russian)
16. Massel' L.V., Blohin A.A. Metod kognitivnogo modelirovanija indikatorov kachestva zhizni s uchetom vneshnih faktorov [The method of cognitive modeling of quality of life indicators taking into account external factors] // Nauka i obrazovanie. Nauchnoe izdanie MGTU im. Baumana = Science and Education. Scientific publication of MSTU Bauman. 2016. № 4. Pp. 65-75. DOI: 10.7463/0416.0839061 (in Russian)
17. Trahtengerc E.A. Komp'juternaja podderzhka prinjatija reshenij [Computer support of decision-making]. M.:SINTEG. 1998. 376 p. (in Russian)
18. Groumpos Peter P. Intelligence and fuzzy cognitive maps: scientific issues, challenges and opportunities // Studies in Informatics and Control. 2018. Vol. 27(3). Pp. 247-264. DOI: 10.24846/v27i3y201801.
19. Stylios C.D., Bourgani E., Georgopoulos V.C. Impact and Applications of Fuzzy Cognitive Map Methodologies // Beyond Traditional Probabilistic Data Processing Techniques: Interval, Fuzzy etc. Methods and Their Applications. Studies in Computational Intelligence, vol 835. Springer, Cham, pp. 229-246. DOI: 10.1007/978-3-030-31041-7_13.

20. Roberts Fred S. Discrete Mathematical Models with Applications to Social, Biological, and Environmental Problems. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall. 1976. 559 p.
21. Axelrod R. Structure of Decision: The Cognitive Maps of Political Elites. Princeton: Princeton University Press. 1976. 422 p.
22. Soboleva O.V., Steshenko A.S. «ESG-factory» kak novyj mekhanizm aktivizacii otvetstvennogo investirovaniya i dostizheniya celej ustojchivogo razvitiya [ESG Factors as a New Mechanism to Promote Responsible Investment and Achieve Sustainable Development Goals] / Ustojchivoe razvitie: vyzovy i vozmozhnosti = Sustainable Development: Challenges and Opportunities // Sb. nauchn. statej pod red. kand. ekon. nauk E.V. Viktorovoj. = Sat. scientific. articles ed. Cand. econom. Sciences E.V. Viktorova. SPb.: Publishing house of UNECON 2020. Pp. 246 -255 (in Russian)
23. Massel' L.V., Massel A.G., Pesterev D.V. Tekhnologiya upravleniya znaniyami s ispol'zovaniem ontologij, kognitivnyh modelej i produkcionnyh ekspertnyh sistem [Usage management technology using ontologies, cognitive models and production expert systems] // Izvestiya YUFU. Tekhnicheskie nauki = Izvestiya SFedU. Engineering sciences. 2019. №4. Pp. 140-152 (in Russian)
24. Massel A. G., Piatkova E. V. Intellektual'nye informacionnye tekhnologii dlya issledovanij problem energeticheskoj bezopasnosti. [Intelligent Information Technologies for Research on Energy Security Problems] // Metodicheskie voprosy issledovaniya nadezhnosti bol'shih sistem v energetike = Methodological issues of research on the reliability of large systems in the energy sector. Irkutsk: Institut sistem energetiki im. L. A. Melenteva SO RAN= Irkutsk: L. A. Melentyev Institute of Energy Systems SB RAS. ISBN 978-5-93908-115-3. 2014. Pp. 472-483. (in Russian)
25. Massel' L.V. Problema otsenki vliyaniya energetiki na geoekologiyu regiona: postanovka i puti resheniya [The problem of assessing the impact of energy on the regional geo-ecology: formulation and solutions] // Informatsionnyye i matematicheskiye tekhnologii v nauke i upravlenii = Information and mathematical technologies in science and management. 2018. №2 (10). Pp. 5-21. DOI:10.25729/2413-0133-2018-2-01 (in Russian)
26. Kuzmin V.R. Razrabotka informacionnoj podsistemy dlya raschyota i vizualizacii vrednyh vybrosov ot ob"ektov energetiki [Development of an information subsystem for calculating and visualizing harmful emissions from energy facilities] // Informatsionnyye i matematicheskiye tekhnologii v nauke i upravlenii = Information and mathematical technologies in science and management. 2020. № 1 (17). Pp. 142-154. DOI: 10.38028/ESI.2020.17.1.011 (in Russian)
27. Massel' L.V., Massel A.G. Intellektual'naya podderzhka prinyatiya reshenij po ocenke vliyaniya energetiki na geoekologiyu s uchetom kachestva zhizni [Intellectual support for decision-making on assessing the impact of energy on geoecology, taking into account the quality of life] // Trudy Mezhdunarodnogo nauchno-tekhnicheskogo kongressa «Intellektual'nye sistemy i informacionnye tekhnologii – 2019» = Proceedings of the International Scientific and Technical Congress «Intelligent Systems and Information Technologies - 2019». Taganrog: Stupin Publishing House. 2019. Pp. 207-216. (in Russian)
28. L.V. Massel, T.G. Zorina, A.G. Massel. Methodological Approaches to Modeling the Assessment of the Impact of Energy on Geo-Ecology and Quality of Life (on the Example of the Russian and Belarusian Regions) / Energy Systems Research. 2019. Vol. 2. № 3. Pp. 63-72.

Статья поступила в редакцию 14.10.2021; одобрена после рецензирования 22.10.2021; принята к публикации 26.10.2021.

The article was submitted 14.10.2021; approved after reviewing 22.10.2021; accepted for publication 26.10.2021.