УДК 620.9 DOI 10.46920/2409-5516_2020_8150_66

The Energy Trilemma Index как оценка энергетической безопасности

Using The Energy Trilemma Index to assess energy security

Алексей МАСТЕПАНОВ
Профессор РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, академик РАЕН, д. э. н.
e-mail: amastepanov@mail.ru

Борис ЧИГАРЕВ
Ведущий инженер по научно-технической информации Института проблем нефти и газа РАН (ИПНГ РАН), к. ф.-м. н.
e-mail: bchigarev@ipng.ru

Alexey MASTEPANOV
Analytical Center for Energy Policy and Security, (Institute of Oil and Gas Problems of the Russian Academy of Sciences)
e-mail: amastepanov@mail.ru

Boris CHIGAREV
Chief engineer, Institute of Oil and Gas Problems of RAS, C.Ph-Math. Sc
e-mail: bchigarev@ipng.ru

Природные угрозы энергобезопасности.
На фото: затопление АЭС Fort Calhoun водами реки Миссури

Источник: cryptome.org

Аннотация. Проведен анализ использования The Energy Trilemma Index в отраслевых и научных публикациях в целях оценки энергетической безопасности. Обсуждена значимость Индекса энергетической трилеммы в оценке устойчивости национальной энергетической политики и развитии безопасной, равнодоступной, приемлемой по цене и экологически устойчивой энергетики. Показано, что в отраслевых публикациях доминируют отчеты МИРЭС и компании Oliver Wyman Group. Научные публикации по исследуемой тематике, по данным реферативной базы Scopus, чаще всего публикуются в высокорейтинговых журналах Energy Policy и Applied Energy, при этом наибольшее число публикаций приходится на 2017–2019 гг. Наибольшую публикационную активность, связанную с упоминанием Индекса, проявляют авторы из Англии, Австралии, Китая, ЮАР, США и Индии. Основными организациями, финансирующими данные работы, являются фонды Великобритании, ЕС и Китая.
Ключевые слова: энергетическая безопасность, Индекс энергетической трилеммы, МИРЭС, реферативная база Scopus, библиометрический анализ.

Abstract. The article analyzes the use of The Energy Trilemma Index in industry and scientific publications to assess energy security. The significance of the Energy Trilemma Index in assessing the sustainability of national energy policy and the development of safe, equitable, affordable and environmentally sustainable energy is discussed. It is shown that industry publications are dominated by reports from WIRES and the Oliver Wyman Group. According to Scopus reference base, scientific publications on the topics under study are most often published in the highly ranked journals Energy Policy and Applied Energy, with the largest number of publications in 2017–2019. The authors from England, Australia, China, South Africa, the USA and India show the greatest publishing activity connected with the mentioning of the Index. The main organizations funding these works are the UK, EU and Chinese foundations.
Keywords: energy security, The Energy Trilemma Index, The World Energy Council, abstract and citation database Scopus, bibliometric analysis.

Являясь составной частью национальной безопасности, энергетическая безопасность одновременно стала и одним из основных системных вызовов

Введение

В условиях активной глобализации энергетическая безопасность, понимаемая, прежде всего, как надёжное и бесперебойное снабжение потребителей топливом и энергией в необходимых объёмах и требуемого качества по экономически приемлемым ценам, приобрела новое мировое измерение. Энергетическая безопасность стала одной из самых актуальных составляющих глобальной безопасности, а обеспечение её теперь относится к числу важнейших процессов современности. Являясь составной частью энергетической политики и национальной безопасности ведущих государств, энергетическая безопасность одновременно стала и одним из основных системных вызовов, с которыми столкнулась современная энергетика [1]. Тем самым энергетическая безопасность выступает одновременно и как техническая, и как экономическая, политическая и философская категория.

К пониманию того, что энергетическая безопасность – это глобальная проблема, которую невозможно решить не только на односторонней, но и на двусторонней основе, человечество пришло далеко не сразу. Этот вывод был сделан путём осмысления многолетнего опыта решения проблем энергобезопасности в ЕС, США, в других странах и регионах мира. Однако такое понимание энергетической безопасности для многих политиков, «заточенных» на идеях превосходства «своего государства», «сво-

их ценностей», неприемлемо. Это создаёт дополнительные трудности её реализации[1].

В последнее время стремительно развивается экологическая составляющая энергетической политики, основная цель которой – решение проблемы изменения климата путём перехода к малоуглеродной и безуглеродной энергетике. Реализация этого процесса получила название «Энергетический переход»[2]. Его высший приоритет – декарбонизация (decarbonization) энергетики, что подразумевает резкое сокращение эмиссии CO_2 и стабилизацию глобальных выбросов парниковых газов для предотвращения негативных изменений климата нашей планеты. Этот приоритет обеспечивается целым рядом мер, базирующихся на быстром развитии и распространении новых технологий и инноваций. Важнейшими из этих мер являются [6]:

- рост энергоэффективности и связанные с ним замедление темпов роста энергопотребления и снижение общего энергопотребления в мире;
- резкое сокращение потребления ископаемых видов топлива;
- рост использования возобновляемой энергии.

Но эти же меры одновременно являются и важнейшими направлениям обеспечения энергобезопасности. Поэтому эти две категории всё чаще рассматриваются и анализируются как единое целое.

В современных условиях понятие «энергетическая безопасность» существенно расширилось, поскольку энергетические аспекты пронизывают практически все стороны человеческой деятельности: политику, экологию, инфраструктуру и т. д. По мнению ряда специалистов, энергетическая безопасность становится своеобразным «общественным благом» [3,7,8]. Подобная множественность понятий накладывает свои отпечатки не только на формирование подходов к её определению и средства её обеспечения, но и на методы оценки её состояния.

[1] Отметим также, что в настоящее время в разных странах проблема ЭБ понимается и трактуется по-разному. И отличия эти вызваны не только тем, что по отношению к энергетическим ресурсам одни государства выступают как их экспортёры, а другие как импортёры. На характер понимания проблемы влияет множество факторов, в том числе и то, что в современных условиях понятие «энергетическая безопасность» существенно расширилось. Подробнее см., напр., [1–3].

[2] Под понятием «энергетический переход» – Energy Transition (или энергетическая трансформация – Global Energy Transformation) понимается переход человечества к экологически чистой энергетике (и экономике в целом) в целях устойчивого развития и предотвращения негативных изменений климата нашей планеты. Подробнее см., напр., [4–6].

Авария на АЭС «Фукусима-1» нанесла серьезный урон энергобезопасности Японии

Источник: ru.sciencetis.com

Индекс энергетической трилеммы МИРЭС: особенности и результаты

Основная часть применяемых в настоящее время методов оценки состояния энергетической безопасности основана на использовании различных индикаторов и индексов. Первые, как отмечает д. э. н., проф. Ю.Д. Кононов, отражают отдельные стороны энергобезопасности, а вторые являются её комплексными характеристиками. [9] Комплексные индексы, несмотря на целый ряд присущих им недостатков, всё шире используются как в отдельных странах (в США, Китае, Индии), так и международными организациями для оценки состояния энергобезопасности, определения её динамики и межстрановых сравнений[3].

[3] К числу таких недостатков Ю.Д. Кононов относит, прежде всего, значительную степень субъективизма как при выборе состава индикаторов, так и при определении их весов (значимости) [9].

В пользу комплексных индексов говорит и то, что объективно сравнить уровень развития очень разных энергетических систем во всем мире сложно. Ранжирование на основании обобщающих индикаторов более реалистично, чем оценка по отдельным контрольным показателям. Обобщающие индексы нужны для налаживания диалога и выработки согласованных политических решений. Учет региональных и национальных индексов может дать более реальное представление о трендах и перспективах энергетики, не только для политиков, но и инвесторов.

Одним из наиболее известных комплексных индексов в настоящее время является «Индекс энергетической трилеммы» (World Energy Trilemma Index – WETI), разработанный Мировым энергетическим советом – МИРЭС (The World Energy Council – WEC) совместно с американской консалтинговой компанией Oliver Wyman.

Именно МИРЭС принадлежит сформированное ещё в 1970-е гг. классическое определение энергетической безопасности как уверенности, что энергия будет иметься в распоряжении в том количестве и того качества, которое требуется при данных экономических условиях [10].

По инициативе МИРЭС и Московского международного энергетического клуба в Москве 6–7 июня 1995 г. Советом безопасности РФ было проведено Консультативное совещание «Россия – Европа: Стратегия энергетической безопасности», которое стало важным этапом в развитии понятия энергобезопасности в целом[4].

Идеологической базой WETI, как и сценариев энергетического будущего, разработанных МИРЭС в сотрудничестве с одной из крупнейших мировых компаний в сфере IT-консультирования Аксенчер Стратежи (Accenture Strategy) и швейцарским Институтом Пауля Шеррера (Paul Scherrer Institute – PSI), является концепция «энергетической трилеммы». Эта концепция фокусируется на трех основных векторах развития энергетики: энергетическая безопасность, энергетическое равенство (всеобщая доступность энергии), и экологическая устойчивость (поиск решений в пользу доступной «зеленой» энергии) (рис. 1).

Каждому государству, согласно концепции, необходимо соблюдать баланс между этими тремя составляющими трилеммы. Но его достижение невозможно без международного сотрудничества на разных уровнях и интеграции энергосистем, которым мешает политизированность вопроса. Для оценки этого баланса как раз и был разработан Индекс энергетической трилеммы или WETI [13,14].

В последние годы концепция «энергетической трилеммы» была дополнена философией «Великого перехода» (Grand Transition) в мир с низкими темпами роста населения, принципиально новыми технологиями, новыми экологическими вызовами и более глубоким пониманием экологических границ планеты, с изменённой экономической

[4] Основное значение этого Консультативного совещания в формировании понимания ЭБ состоит в следующем. Во-первых, на нём был выработан девиз на будущее – «Безопасность через партнёрство». Во-вторых, участники совещания были единодушны в том, что стабильность энергообеспечения и, следовательно, ЭБ всего европейского континента во многом будет определяться стабильностью и эффективностью финансирования, а также возможностью дальнейшего развития и совершенствования ТЭК России. В-третьих, на нём было высказано предложение о создании постоянно действующего консультативного органа по координации политики, направленной на повышение ЭБ на Европейском континенте. Подробнее см. [3,11].

и геополитической мощью в пользу Азии. Перехода, который является предпосылкой создания фундаментально нового мира для всей энергетической отрасли[5].

Разработка Индекса энергетической трилеммы осуществляется МИРЭС параллельно со специальным мониторингом мировых энергетических проблем, проводимым в целях отслеживания складывающейся ситуации на мировых энергетических рынках и оперативного учёта новых тенденций его развития. При этом собственно WETI предназначен для предоставления лицам, принимающим решения, своеобразного ориентира – показателя для сравнительной оценки качества энергосистем различных стран не только по трём основным направлениям энергетической трилеммы, но и по дополнительному, четвёртому измерению, призванному отразить различия в институциональных и макроэкономических особенностях сравниваемых стран.

По замыслу его разработчиков, Индекс энергетической трилеммы будет способствовать оценке устойчивости национальной энергетической политики и решению задач развития безопасной, равнодоступной и приемлемой по цене своей продукции, экологически устойчивой энергетики.

В современных условиях понятие «энергетическая безопасность» существенно расширилось, поскольку энергетические аспекты пронизывают практически все стороны человеческой деятельности

WETI ежегодно публикуется МИРЭС в партнёрстве с глобальными консалтинговыми компаниями «Оливер Уайман» и «The Marsh & McLennan Advantage» с 2010 года (см., напр., [14,16]). Как отмечают его создатели, Индекс энергетической трилеммы оценивает страны по их способности обеспечивать устойчивую энергетику в трёх основных измерениях. Рейтинг измеряет общую эффективность в достижении устойчивого сочетания политик, а балансовая оценка подчеркивает, насколько хорошо страна справляется с компромиссами трилеммы.

[5] Как отметил в этой связи исполнительный председатель World Energy Scenarios МИРЭС Гед Дэвис (Ged Davis), если ранее было принято рассуждать о теории «Пика нефти», то современные тенденции вынуждают экспертов в области энергетики изучать потенциальные последствия пика потребления энергоресурсов. Подробнее см., напр. [15].

Рис. 1. Измерения энергетической трилеммы

Источник: [13]

По каждому из этих трёх измерений авторы WETI дают его качественное определение:

1. Энергетическая безопасность – оценивает способность страны удовлетворять текущий и будущий спрос на энергию, выдерживать и быстро восстанавливаться после системных потрясений с минимальными перебоями в поставках. Этот параметр учитывает эффективность управления внутренними и внешними источниками энергии, а также надежность и устойчивость энергетической инфраструктуры.
2. Энергетическое равенство – позволяет оценить способность страны обеспечить всеобщий доступ к надежным, справедливо оценённым и имеющимся в изобилии энергоресурсам для бытового и коммерческого использования. Этот параметр учитывает базовый доступ к электроэнергии и экологически чистым видам топлива и технологиям для приготовления пищи, доступ к уровням энергопотребления, обеспечивающим процветание, а также доступность электроэнергии, газа и топлива.
3. Экологическая устойчивость энергетических систем – показывает возможность перехода энергетической системы страны к снижению и предотвращению потенциального экологического ущерба и последствий изменения климата. Данный параметр учитывает производительность и эффективность производства, передачи и распределения энергии, декарбонизацию и загрязнение атмосферы (качество воздуха).

Дополнительное измерение – Особенности страны – основное внимание уделяет тем особенностям, которые позволяют странам эффективно разрабатывать и осуществлять энергетическую политику и достигать поставленных целей. Этот параметр учитывает основные макроэкономические показатели страны, характер управления, отражает стабильность национальной экономики и правительства, привлекательность страны для инвесторов и инновационный потенциал.

Индекс энергетической трилеммы отслеживает 133 страны, 92 из которых являются членами МИРЭС. Рейтинги составляются для 128 стран, пять стран не включены в рейтинг из-за политической нестабильности и/или недостатка данных. Для составления WETI по каждой стране используется 59 наборов данных и 32 показателя. Кроме того, по каждому критерию строится временной ряд, начиная с 2000 года.

По утверждению его разработчиков, WETI показывает, насколько хорошо каждая страна соответствует концепции энергетической трилеммы, и отражает совокупный эффект энергетической политики,

Массовые протесты жителей Брюсселя в пользу чистой энергетики
Источник: Ale_Mi / Depositphotos.com

проводимой с течением времени. Поскольку индекс показывает суммарные эффекты энергетической политики, он не определяет эффективность конкретных её направлений; каждое из них взаимодействует с набором специфических и контекстуальных факторов энергетической политики, характерных только для этой страны в разные периоды времени. Тем не менее, широко оценивая совокупные результаты политики, Индекс дает важную информацию об эффективности энергетической политики в целом и правильности её выбора.

Структура итогового Индекса энергетической трилеммы и весовые коэффициенты каждого из входящих в него показателей приведены в табл. 1.

Таблица 1. Структура Индекса энергетической трилеммы – 2019 и весовые коэффициенты входящих в него показателей

Источник: [16]

Компонент Индекса	%	Категория индикатора	%	Индикатор	%
Энергетическая безопасность	30	A1 Безопасность поставок и спроса на энергию	12	Разнообразие основных источников энергии	6
				Зависимость от импорта	6
		A2 Устойчивость энергетических систем	18	Разнообразие способов генерации электроэнергии	6
				Хранение энергии	6
				Стабильность системы и способность к восстановлению	6
Энергетическое равенство	30	B 1 Доступ к энергии	12	Доступ к электроэнергии	6
				Доступ к возможности чистого приготовления пищи	6
		B 2 Доступ к качественной энергии	6	Доступ к «современной» энергии	6
		B 3 Доступность	12	Цены на электроэнергию	3
				Цены на бензин и дизельное топливо	3
				Цены на природный газ	3
				Доступность электроэнергии для жителей	3
Экологическая устойчивость энергетических систем	30	C 1 Производительность энергетических ресурсов	9	Энергоемкость по конечному использованию энергии	5
				Эффективность производства электроэнергии и научно-технических разработок	4
		C 2 Декарбонизация	9	Низкоуглеродная выработка электроэнергии	5
				Тенденция выбросов парниковых газов	4
		C 3 Выбросы и загрязнение окружающей среды	12	Карбоноёмкость	2
				Выбросы CO_2 на душу населения	1
				Выбросы метана на душу населения	1
				Загрязнение воздуха PM2.5, среднегодовая экспозиция	4
				Загрязнение воздуха PM10, среднегодовая экспозиция	4
Особенности страны	10	D 1 Макроэкономическая среда	2	Макроэкономическая стабильность	2
		D 2 Управление	4	Эффективность государственного управления	1
				Политическая стабильность	1
				Верховенство закона	1
				Качество регулирования	1
		D 3 Стабильность для инвестиций и инноваций	4	Чистый приток прямых иностранных инвестиций	1
				Простота ведения бизнеса	1
				Восприятие коррупции	0,5
				Эффективность правовой базы при оспаривании нормативных актов	0,5
				Защита интеллектуальной собственности	0,5
				Инновационный потенциал	0,5

ИНДЕКС ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ТРИЛЕММЫ-2019:
10 ЛУЧШИХ РЕЗУЛЬТАТОВ И ДЕСЯТКА СТРАН, УЛУЧШИВШИХ СВОИ ПОКАЗАТЕЛИ

10 лучших абсолютных результатов с категориями показателей и рейтинговыми оценками

1. Швейцария ААА 85,8
2. Швеция ААА 85,2
3. Дания ААА 84,7
4. Великобритания ААА 81,5
5. Финляндия ААА 81,1
6. Франция ААА 80,8
7. Австрия ААА 80,7
8. Люксембург ВАА 80,4
9. Германия ААА 79,4
10. Новая Зеландия ААА 79,4

10 стран, улучшивших показатель «Энергетическая безопасность»

1. Швеция
2. Дания
3. Финляндия
4. Латвия
5. Канада
6. Ангола
7. Украина
8. Румыния
9. Словения
10. Чехия

Общий индекс оценки улучшений за 2000-2019 гг.

Камбоджа – 45%
Мьянма – 41%
Доминиканская республика – 31%
Никарагуа – 30%
Свазиленд – 25%
Израиль – 24%
Гана – 23%
Китай – 23%
Кения – 23%
Ливан – 23%

10 стран, улучшивших показатель «Экологическая устойчивость»

1. Швейцария
2. Дания
3. Швеция
4. Франция
5. Норвегия
6. Великобритания
7. Коста-Рика
8. Люксембург
9. Намибия
10. Словакия

10 стран, улучшивших показатель «Энергетическое равенство»

1. Люксембург
2. Бахрейн
3. Катар
4. Кувейт
5. ОАЭ
6. Оман
7. Саудовская Аравия
8. Нидерланды
9. Исландия
10. Сингапур

Рис. 2. Основные результаты расчёта Индекса энергетической трилеммы за 2019 г.

Источник: по данным [16]

Следует отметить, что полного перечня глобального набора данных и их источников на сайте МИРЭС найти не удалось. Это, на наш взгляд, – существенный недостаток, поскольку, не имея такой информации, нельзя проводить собственные исследования для углубленного понимания значений Индекса энергетической трилеммы и его компонентов.

Каждой из стран, для которых разрабатываются WETI, выставляется общий рейтинг Индекса от № 1 до № 128, а также рейтинги по каждому основному измерению: энергетической безопасности, энергетического равенства и экологической устойчивости. Кроме того, каждому из них присваивается категория (A, B, C и D): например, «ACD» – высшая категория по первому показателю, третья по второму и низшая категория по третьему показателю. Основные результаты расчёта Индекса энергетической трилеммы за 2019 год представлены на рис. 2.

Для сравнения с этими лучшими результатами приведём оценку WETI для России, которая в рейтинге 2019 года занимает 42 место. Общая рейтинговая оценка для России – 71,2 балла, суммарная (балансовая) категория – AAC. Другими словами, наша страна имеет высшую категорию по показателям «энергетическая безопасность» и «энергетическое равенство» и третью – по показателю «экологическая устойчивость». В рейтинге стран, улучшивших за анализируемый период свои показатели в категории «энергетическое равенство» (Energy equity rank) Россия занимает 18 место, в категории «энергетическая безопасность» (Energy security rank) – 25 место, и в категории «экологическая устойчивость» (Environmental sustainability rank) – 96 место.

Библиометрический анализ публикаций по вопросам применения индекса энергетической трилеммы МИРЭС

Как известно, различные методы библиометрического анализа применяются в целях выявления актуальности и перспективности различных научных направлений. В данном разделе библиометрический анализ проводится нами для выявления лишь общей картины использования Индекса энергетической трилеммы различными

организациями и странами. В этих целях ниже приводятся базовые характеристики встречаемости WETI в научных статьях и примеры применения Индекса в ряде публикаций.

Для выявления организаций, использующих в своей работе Индекс энергетической трилеммы, необходимо обратиться к одной из поисковых систем, лучше всего – к Google, которая осуществляет самую обширную индексацию документов, размещенных в Интернете. Поиск по запросу «World Energy Trilemma Index» в Google по доменам верхнего уровня «.com» (ком-

Газ – наиболее экологичный энергоресурс
Источник: ssuaphoto / Depositphotos.com

мерческие ресурсы) позволил выявить аналитические и консалтинговые агентства, использующие этот Индекс в своей работе.

Одна из первых ссылок указывает на группу компаний Marsh & McLennan, в состав которой входит и Oliver Wyman Group[6]. Как было отмечено в первом разделе статьи, именно с Oliver Wyman Group МИРЭС разрабатывал The Energy Trilemma Index, и они совместно выпускают годовые отчеты по вопросам энергетической безопасности. Основными документами, содержащими термин «World Energy Trilemma Index», являются упомянутые выше отчеты и публикации в журнале «Oliver Wyman Energy Journal»[7].

На сайте Oliver Wyman Group размещено 160 документов, содержащих термин «World Energy Trilemma Index». На сайтах остальных операционных компаний группы Marsh & McLennan – Guy Carpenter, Marsh, Mercer размещены лишь отдельные номера отчетов по «World Energy Trilemma Index», самостоятельного использования ими Индекса в своей работе не наблюдается.

Другие документы, найденные в Google, в которых встречается упоминание Индекса энергетической трилеммы, носят весьма общий характер, примерами могут служить публикации на сайтах следующих организаций:

- Нефтяной научно-исследовательский центр имени короля Абдуллы («KAPSARC»);
- Visual Capitalist – онлайн-издательство, специализирующееся на рынках, технологиях, энергетики и глобальной экономики;
- Windpower Engineering & Development – ветроэнергетический ресурс, предназначенный для профессионалов, вовлеченных во все аспекты жизненного цикла ветропарка;
- журнал «The Oil & Gas Journal», основанный в 1902 г., и являющийся наиболее читаемым изданием нефтяной промышленности в мире;
- The European Sting – независимая служба новостей в Европе;
- CleanTechnica – веб-сайт, посвящённый чистым технологиям и анализу, сфокусированным в первую очередь на электромобилях, солнечной энергии, ветровой энергии и хранении энергии.

На данных сайтах Индекс используется лишь в контексте их основной тематики.

[6] Marsh & McLennan Companies, Inc., образованная в 1905 г. и имеющая штаб-квартиру в Нью-Йорке, предоставляет профессиональные услуги в области брокерского страхования, управления рисками, услугами перестрахования, управлением талантами, инвестиционным консультированием и управленческим консалтингом. Данная группа компаний насчитывает 75 000 сотрудников по всему миру, её годовой доход составляет около 15 млрд долл. США. В составе группы четыре основные операционные компании: Guy Carpenter, Marsh, Mercer и Oliver Wyman Group.

[7] Oliver Wyman Group была создана в 1984 г. с целью развития новых подходов к процессам корпоративного управления, учитывающих процессы глобализации, быстрое развитие технологий и необходимость оперативного принятия решений на местах. Для реализации этих задач создано 60 офисов в 29 странах мира, где работает более 5 000 специалистов. Oliver Wyman оказывает консалтинговые услуги организациям финансового сектора, розничной торговли, нефтегазового комплекса, транспортной и телекоммуникационной отраслей, государственными учреждениями. Поддержка «World Energy Trilemma Index», сотрудничество с The World Energy Council способствует развитию бизнеса Oliver Wyman по оказанию консалтинговых услуг компаниям энергетического сектора и правительственным организациям.

Следует также отметить, что сама тематика сайтов близка к вопросам отдельных компонентов или индикаторов Индекса. Тексты, имеющие отношение к тематике отдельных категорий индикаторов Индекса, являются наиболее содержательными.

В качестве примера текста с упоминанием Индекса можно привести цитату с сайта Делойт:[8] «…интересы энергопоставщиков, взимающих плату за киловатт, не совпадают с интересами потребителей, которые хотят получить надежную услугу по разумной цене. Противоречие усиливается, если рассматривать полную энергетическую «трилемму», которая включает в себя и снижение общего потребления для достижения устойчивого развития…».

Анализ применимости WETI даёт основание сделать вывод, что этот Индекс создавался в интересах бизнеса, решения задач управления энергетической отраслью, работы аналитических агентств, для подготовки и принятия решений, но не для использования в научных исследованиях. Подтверждением сказанному служит то, что согласно https://www.worldenergy.org/impact-communities 7 % членов МИРЭС являются представителями правительств, 38 % представляют бизнес и 25 % относятся к экспертному сообществу.

Объективно сравнить развитие очень разных энергетических систем во всем мире сложно. Ранжирование на основании обобщающих индикаторов более реалистично, чем оценка по отдельным показателям

Международные аналитические и консалтинговые агентства могут использовать доступ к данным МИРЭС для составления заказных исследований, но они не находятся в открытом доступе и не могут быть использованы для анализа в научных публикациях. И хотя на сайте Oliver Wyman (oliverwyman.com) термин «Energy Trilemma» встречается на 435 страницах

ЛЭП в Баварии, Германия
Источник: haraldmucm / Depositphotos.com

(полное название Индекса встречается World Energy Trilemma Index только в 160 документах), уже на сайте The Marsh & McLennan Advantage (mmc.com) он упоминается лишь 95 раз[9]. И даже в отчете МИРЭС «Содействие переходу к эффективной энергетике 2020» [17] термин Trilemma ни разу не встречается.

Важно отметить, что, не будучи членом МИРЭС, нельзя получить доступ к полным данным и детальному описанию методик расчётов World Energy Trilemma Index, а значит и проводить глубокие научные исследования на их основе.

Россия в МИРЭС представлена Российским Национальным Комитетом Мирового Энергетического Совета (РНК МИРЭС) [18]. Коллективными членами РНК МИРЭС яв-

[8] Deloitte («Делойт») – международная сеть компаний, оказывающих услуги в области консалтинга и аудита.

[9] Данные запросов в Google носят только оценочный характер и могут меняться после очередной индексации сайтов.

Одна из наиболее небезопасных точек на энергетической карте – Ормузский пролив *Источник: ua.news*

ляются: «Россети», «Росатом», «Силовые машины», «НОВАТЭК», «Газпром нефть», «Интер РАО», «СУЭК», «НИКИЭТ им. Н.А. Доллежаля», «ВТИ», «ЭНИН им. Г.М. Кржижановского», «Ленгидропроект», НИУ «МЭИ», МШУ «СКОЛКОВО», НИУ «Высшая школа экономики», «Энергогарант», НТФ «Энергопрогресс», «Стример», «Новые Технологии». Таким образом, ведущие фирмы российского ТЭК хорошо представлены в РНК МИРЭС. В то же время среди коллективных членов РНК МИРЭС нет институтов РАН.

Если провести поиск термина «Energy Trilemma» (World Energy Trilemma Index – используется реже) на сайтах ведущих исследовательских организаций, входящих в РНК МИРЭС, то, по состоянию на 01.06.2020 г., получим следующий результат:

1. НИУ МЭИ (mpei.ru) – термин не встречается.
2. На сайте МШУ СКОЛКОВО (skolkovo.ru) лишь в одном отчете на 210 страницах единственный раз упоминается термин «Energy Trilemma» [19].
3. НИУ «Высшая школа экономики» (hse.ru) – термин встречается в 5 документах, причем во всех случаях это были ссылки на один из отчетов МИРЭС, без детального описания Индекса или его использования.

Даже на сайте самого РНК МИРЭС – worldenergyrussia.ru – упоминание Индекса встречается только на двух страницах: http://en.wec.worldenergyrussia.ru/ (кратко, на полстраницы об Индексе) и http://en.rnk.worldenergyrussia.ru/ (просто упоминание об Индексе).

Индекс энергетической трилеммы отслеживает 133 страны, 92 из которых – члены МИРЭС. Рейтинги составляются для 128 стран, 5 стран не включены в них из-за политической нестабильности

Полученные результаты не исключают того, что доступ к полным данным МИРЭС и деталям методики вычисления Индекса, могут быть использованы организациями – членами РНК МИРЭС для составления непубличных отраслевых аналитических отчетов.

Подобная картина характерна не только для российских организаций, например, на сайтах международных агентств: The International Energy Agency (МЭА), Agency for Non-conventional Energy and Rural Technology (Kerala, India), International Renewable Energy Agency (IRENA), World Council for Renewable Energy, International Solar Energy Society (ISES), Global Wind Energy Council (GWEC), Centre for Renewable Energy термин «Energy Trilemma Index» не встречается, на сайте The European Renewable Energy Council (EREC) – Индекс упоминается, но без примеров его использования.

Для понимания того, как используется Индекс энергетической трилеммы в научных публикациях, дадим очень краткую аннотацию нескольких зарубежных научных статей, опубликованных в высокорейтинговых научных изданиях.

Данные работы посвящены или предложениям по изменению методов расчета отдельных компонентов Индекса, или изменению экспертных оценок некоторых индикаторов Индекса с учетом специфики страны.

Например, в работе «Измерение национальных энергетических показателей с помощью индекса энергетической трилеммы: приемлемость стохастического многокритериального анализа» [20] – авторы предлагают использовать альтернативную схему ранжирования параметров Energy Trilemma Index на основе интервальных оценок и дальнейшего составления матрицы интервальных решений для ранжирования стран по компонентам: энергетической безопасности, энергетического равенства и экологической устойчивости.

«Решение социальных аспектов энергетической трилеммы с помощью метрики энергетической справедливости» [21] – в этой публикации рассматриваются вопросы достижения лучшего баланса между такими компонентами Индекса как: экономика, политика и изменения окружающей среды. Для этого предполагается ввести критерий энергетической справедливости (Energy Justice Metric).

«Управление энергетической трилеммой: пример Индонезии» [22] – данная статья рассматривает проблемы энергетического сектора Индонезии через призму оценок Energy Trilemma Index.

Полного перечня глобального набора данных на сайте МИРЭС найти не удалось. Это существенный недостаток, поскольку нельзя проводить собственные исследования Индекса энергетической трилеммы

«Энергетическая безопасность в принятии решений и управлении. Методологический анализ индекса энергетической трилеммы» [23] – основная цель публикации – проанализировать методологическую основу Индекса, которая может служить инструментом поддержки принятия решений в энергетической политике и управлении. Энергетическая безопасность рассматривается здесь, как составная часть системы национальной безопасности.

Ормузский пролив *Источник: home.bt.com*

Для оценки общей встречаемости термина «World Energy Trilemma Index» в научных публикациях воспользуемся следующими запросами к реферативной базе Scopus:

- TITLE-ABS-KEY («World Energy Trilemma Index») – нет результатов;
- TITLE-ABS-KEY («Energy Trilemma Index») – 12 результатов за все годы;
- TITLE-ABS-KEY («Energy Trilemma») – 82 результата за все годы, при этом наибольшее число публикаций приходится на 2017–2019 гг., соответственно 17, 17 и 24 документа.

Не будучи членом МИРЭС, нельзя получить доступ к полным данным и детальному описанию методик расчётов Energy Trilemma Index, а значит и проводить глубокие исследования на их основе

Если рассмотреть журналы, в которых публикуются статьи, связанные с вопросами WETI, то их содержание хорошо отражает ключевые вопросы компонентов Индекса: энергетическую политику, прикладные аспекты энергетики, социальные стороны исследований в области энергетики, экономические и политические вопросы энергетики, задачи возобновляемой и устойчивой энергетики, политики по вопросам изменения климата (см. таблицу 2).

Наибольшую публикационную активность, связанную с упоминанием Индекса, проявляют Англия, Австралия, Китай, ЮАР, США и Индия. Эти исследования финансируются Исследовательскими советами Великобритании, Европейской комиссией, Фондами фундаментальных исследований для центральных университетов (Китай), Национальным фондом естественных наук Китая, Фондом естествознания провинции Цзянсу, Седьмой рамочной программой ЕС, Университетом Йоханнесбурга, Министерством иностранных дел и торговли, правительства Австралии и другими фондами.

Редкая встречаемость терминов, связанных с Индексом энергетической трилеммы, обусловлена, на наш взгляд, их обобщающим характером, который необходим при проведении диалога в рамках международного сотрудничества. Однако при реализации конкретных исследований этот «плюс» превращается в «минус»: акцент приходится делать на конкретные компоненты Индекса и категории входящих в них индикаторов.

Если рассматривать публикации, связанные с конкретными компонентами Индекса или категориями входящих в них индикаторов, то таких исследований существенно больше.

Например, для компоненты Индекса «энергетическая безопасность» (Energy Security), только за 2019–2020 гг. (по состоянию на 01.06.2020 г.) в базе Web of Science проиндексировано 477 публикаций, соответствующих запросу: TOPIC: («Energy Security») Timespan: 2019–2020. Indexes: SCI-EXPANDED. Среди них статьи из Китая составляют 25 % от общего числа публикаций в данной выборке, статьи из США – 17,2 %, Англии – 9,8 %, Индии – 9 %, а Германии – 6,5 %. То, что Китай в последние годы опережает США по публикационной активности в ряде областей исследований, в значительной степени обусловлено высоким уровнем финансирования таких работ. Из 10 финансирующих фондов, с которыми аффилированы публикации по тематике энергетической безопасности, 6 из Китая: это Национальный фонд естественной науки Китая, Фонды фундаментальных исследований для центральных университетов, Национальная программа исследований и развития Китая, Китайский постдокторский научный фонд, Китайская академия наук, Китайский стипендиальный совет. Далее идут финансирующие структуры США: Министерство энергетики США (DOE) и Национальный научный фонд США, Исследовательский совет по инженерным и физическим наукам (EPSRC) Великобритании и финансирующие программы ЕС. Среди ведущих организаций, с которыми аффилированы публикации, первые три места занимают Китайская академия наук, Индийский институт технологий и Министерство энергетики США (DOE), далее идут китайские и малазийский университеты и только на 8 месте Объединение имени Гельмгольца Германии.

По отдельным категориям индикаторов публикаций еще больше. Например, запрос: TOPIC: (Decarbonization) Timespan: 2019–2020. Indexes: SCI-EXPANDED в базе WoS выдает 615 публикаций. Вопросами декарбонизации в большей степени занимаются европейские страны: Великобритания, Германия, Италия, Испания, Швеция, Нидерланды, Швейцария и Дания. Далее идут США и Китай.

Национальный фонд естественной науки Китая находится на первом месте по числу профинансированных работ. В Европе существует много фондов и программ, поддерживающих исследования в области декарбонизации, например, Исследовательский совет по инженерным и физическим наукам (EPSRC) Великобритании, Объединенный исследовательский центр (JRC) Еврокомиссии, Восьмая рамочная

Таблица 2. Число публикаций по теме Energy Trilemma в журналах, входящих в базу Scopus

Название журнала	Число публикаций
Energy Policy	8
Applied Energy	7
Energies	2
Energy Research and Social Science	2
International Journal of Energy Economics and Policy	2
Renewable and Sustainable Energy Reviews	2
Sustainable Cities and Society	2
Applied Sciences Switzerland	1
Asia and The Pacific Policy Studies	1
British Accounting Review	1
British Journal of Management	1
Building and Environment	1
Climate Policy	1

Вызовом энергобезопасности могут стать не только катастрофы, но и захваты отдельных танкеров с нефтью. На фото: нападение на танкер сомалийских пиратов

Источник: oilexp.ru

программа Европейского Союза Horizon 2020, Федеральное министерство образования и научных исследований Германии, Совет по исследованию окружающей среды (NERC) Великобритании, Исследовательский совет Норвегии, Европейский социальный фонд Еврокомиссии, Фонд поддержки науки и технологии Португалии, Шведское энергетическое агентство и даже Royal Dutch Shell.

Наличие большого числа программ определяет высокую включенность европейских университетов в исследования по декарбонизации, ведущую роль в них играют: Имперский колледж Лондона, Объединение имени Гельмгольца Германии, Лондонский университет, Швейцарская высшая техническая школа Цюриха, Кембриджский университет, Королевский технологический институт Стокгольма, Оксфордский университет, Норвежский Университет естественных и технических наук, Орхусский университет Дании и другие.

Эксперименты в лаборатории по производству водорода
Источник: LuigiB2302 / Depositphotos.com

Редкая встречаемость терминов, связанных с Индексом энергетической трилеммы, обусловлена их обобщающим характером, который необходим при проведении международных переговоров

В США данной темой занимаются Калифорнийский университет и Министерство энергетики, в Китае – Университет Цинхуа и Китайская академия наук.

Следует отметить, что возрастание интереса к исследованиям по декарбонизации стало особенно заметным на рубеже 2010 гг. и продолжается по настоящее время.

По отраслям знаний публикации распределились в следующей последовательности: энергетика, науки об окружающей среде, технические науки, общественные науки, бизнес, управление и учет, науки о Земле, экономика, эконометрика и финансы, математика, компьютерные науки. Если первые в списке направления исследований являются типичными для тематики чистой энергетики, то математика и компьютерные науки отражают возрастающую необходимость в оптимизации и автоматизации как технологических, так и управленческих решений, связанных с декарбонизацией.

Важным компонентом Индекса энергетической трилеммы является энергетическое равенство. Отбор публикаций, отражающих эту тематику, осуществлялся посредством запроса: TOPIC: («energy justice» OR «energy equity» OR «energy access*» OR «energy availability») Timespan: 2019–2020. Indexes: SCI-EXPANDED, который выдает 487 документов.

Распределение публикаций по странам, с которыми аффилированы авторы данной выборки, получилось следующим: США (30,59 % публикаций), Англия (16,83 %), КНР (9,44 %), Австралия (8,83 %), Германия (7,8 %), Индия (7,8 %), Италия (5,95 %), Канада (5,54 %), Испания (4,92 %), Бразилия (3,9 %), Дания (3,69 %), Франция (3,69 %), Шотландия (3,49 %), Япония (3,08 %), Нидерланды (3,08 %), Швеция (3,08 %), Норвегия (2,66 %).

Список университетов и организаций, сотрудники которых чаще всего публикуются по теме энергетического равенства, выглядит так: Пенсильванская государственная система высшего образования (4,91 %), Гарвардский университет (3,28 %), Калифорнийский университет (2,46 %), Гарвардская медицинская школа (2,25 %), Академия наук Китая (2,05 %), Индийский институт технологий (2,05 %), Министерство энергетики США (1,84 %), Мичиганский университет (1,84 %), Университет Сассекса (1,84 %), Орхусский университет (1,64 %), Бостонская детская больница S (1,64 %), Университет Джона Хопкинса (1,64 %), Университет Монаш (1,64 %), Университет Ноттингем Трент (1,64 %). Таким образом, в наибольшей степени занимаются вопросами энергетического равенства в организациях США и Европы, что согласуется с аффилиацией авторов по странам.

Если рассматривать финансирование данного направления исследований, то оно так же согласуется с выше представленными результатами: Национальный фонд естественных наук Китая (профинансировал 4,51 % публикаций), Национальный научный фонд NSF (4,51 %), Европейский союз ЕС (2,66 %), Национальные институты здравоохранения США (2,66 %), Министерство здравоохранения США (2,66 %), CAPES – Координационный центр повышения квалификации персонала высокого уровня (1,84 %), Исследовательский совет по инженерным физическим наукам, EPSRC (1,84 %), Правительство Австралии (1,43 %), Национальный совет по науке и технике Мексики (1,43 %), Министерство образования, культуры, спорта, науки и техники Японии (1,43 %), Программа исследований и инноваций Европейского союза Horizon 2020 (1,23 %), Федеральное министерство образования Германии BMBF (1,23 %), Японское общество содействия развитию науки (1,23 %), Национальная программа ключевых исследований Китая (1,23 %), Департамент промышленных инноваций и науки Австралии (1,02 %), Совет по экономическим и социальным исследованиям Великобритании (1,02 %), Фонды фундаментальных исследований для центральных университетов Китая (1,02 %).

По замыслу разработчиков, Индекс энергетической трилеммы способствует оценке устойчивости национальной энергополитики и развитию безопасной, недорогой, экологически чистой энергетики

Саудовские месторождения после атаки дронов
Источник: mnews.world

Заключение: основные выводы

1. В последние десятилетия энергетическая безопасность стала одной из самых актуальных составляющих как глобальной безопасности, так и энергетической политики, а её обеспечение относится к числу важнейших глобальных процессов современности. Соответственно возрос интерес и к анализу этого процесса и явления, следствием чего стали разработка и использование различных методов и показателей оценки состояния энергетической безопасности, особенно так называемых комплексных, охватывающих различные её аспекты.

2. Одним из наиболее известных показателей в настоящее время является Индекс энергетической трилеммы (World Energy Trilemma Index – WETI), разработан-

ный МИРЭС. Особая популярность этого индекса связана с тем, что он позволяет, по замыслу его создателей, увязать воедино традиционные индикаторы энергетической безопасности с индикаторами, отражающими озабоченность общества проблемами энергетического равенства и экологической устойчивости.

3. Однако библиометрический анализ публикаций по вопросам применения Индекса энергетической трилеммы МИРЭС показал, что в научных исследованиях и опубликованных по их результатам статьях этот показатель встречается достаточно редко. Исключение – публикации самого МИРЭС и его партнёра по разработке этого индекса, компании Oliver Wyman Group. В то же время публикаций, связанных с конкретными компонентами Индекса или категориями входящих в них индикаторов существенно больше.

4. Методология и базы данных, на основе которых строится WETI, вероятнее всего используются консалтинговыми и аналитическими фирмами типа Oliver Wyman при выполнении исследований на коммерческой основе, при этом отчеты МИРЭС по World Energy Trilemma Index могут выполнять функцию демоверсий аналитических возможностей данных консалтинговых фирм.

Библиометрический анализ по применению Индекса энергетической трилеммы показал, что в научных исследованиях он встречается достаточно редко. Исключение – публикации самого МИРЭС

5. Можно также предположить, что методологию Energy Trilemma Index можно рассматривать как онтологию[10] предметной области «энергетическая безопасность», которая позволяет различным национальным комитетам МИРЭС обсуждать проблемы мировой энергетики «на одном языке», то есть использовать определенные и понятные всем участникам диалога концепции, связи между ними и оценки, а также как отправную точку для уточнений и развития собственных методологий.

[10] Онтология в информатике – это попытка всеобъемлющей и подробной формализации некоторой области знаний с помощью концептуальной схемы. Обычно такая схема состоит из структуры данных, содержащей все релевантные классы объектов, их связи и правила, принятые в этой области [24].

Авария на платформе BP Deepwater Horizon в Мексиканском заливе привела к нарушению энергетической и экологической безопасности
Источник: demorgen.be

6. Доступ к полным базам МИРЭС и детальному описанию методологии доступен только членам национальных комитетов МИРЭС. Однако, несмотря на то, что среди членов российского комитета МИРЭС есть такие ведущие исследовательские центры как НИУ «МЭИ», МШУ «СКОЛКОВО», НИУ «Высшая школа экономики», «НИКИЭТ» им. Н.А. Доллежаля, «ВТИ» и др., активной научной публикационной деятельности с использованием Energy Trilemma Index у них не наблюдается. В то же время полученные результаты проведенного нами библиометрического анализа не исключают того, что доступ к полным данным МИРЭС и деталям методики вычисления Индекса, могут быть использованы организациями – членами РНК МИРЭС для составления не публичных отраслевых аналитических отчетов.

7. Закрытость для широкого круга пользователей отмеченных в предыдущем пункте данных является препятствием для проведения независимых исследований в целях углубленного понимания значений Индекса энергетической трилеммы и его компонентов, в результате чего использование WETI в научных исследованиях представляет весьма ограниченный интерес.

8. Представляется целесообразным рекомендовать Минэнерго России как одному из ведущих членов российского национального комитета создать под своей эгидой постоянно действующую рабочую группу, специалисты которой вникли бы во все тонкости методики и методологии разработки World Energy Trilemma Index. Создание такой группы позволит не только резко активизировать участие России в соответствующей деятельности МИРЭС и ещё более эффективно отстаивать интересы нашей страны на международной арене, но и распространить практику разработки таких индексов в исследованиях, связанных со сравнительным энергетическим анализом регионов Российской Федерации.

Использованные источники

1. *Мастепанов А.М. Мировая энергетика: основные проблемы и тенденции развития – Глава 4 учебника «Современная мировая политика» / Под ред. Е. П. Бажанова; 2-е изд. Дипломатическая академия МИД России. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2019. С. 67–99.*
2. *Мастепанов А.М. Энергетическая безопасность в Большой Евразии: разные игроки – разные подходы к решению проблемы В сб.: Большая Евразия: Развитие, безопасность, сотрудничество. Ежегодник. Вып. 1. Ч. 1 / РАН. ИНИОН. Отд. науч. сотрудничества; Отв. ред. В.И. Герасимов. – М., 2018. 612 с. (С. 112–118).*
3. *Мастепанов А.М. Проблемы обеспечения энергетической безопасности в новых геополитических условиях // Энергетическая политика. 2017, Выпуск 1, С. 20–37.*
4. *Мастепанов А.М. Энергетический переход как новый вызов мировой нефтегазовой отрасли// Энергетическая политика. Выпуск 2, 2019, С.62–69.*
5. *Мастепанов А.М. Энергетический переход: к чему готовиться мировому нефтегазу // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. Научно-экономич. журнал. 2019, № 10 (178), С. 5–14.*
6. *Мастепанов А.М. Энергетический переход как генеральное направление развития энергетики будущего // Экологический вестник России. 2020, №1, С.10–15; №2, С.12–19.*
7. *Денчев К. Мировая энергетическая безопасность: история и перспективы. – URL: http://www. hist.msu.ru/Journals/NNI/pdfs/Denchev_ 2010.pdf*
8. *Mandil Cl. Energy Security: the IEA's Perspective. New Orleans, 2007, p.18. – URL: http:// www.iea.org/rextbase/speech/2007/mandil/NewOrleans.pdf.*
9. *Кононов Ю.Д. Анализ зарубежного опыта комплексной оценки состояния энергетической безопасности // Энергетическая политика. 2017, Выпуск 1, С. 98–107.*
10. *Energy Dictionary / World Energy Council. – Paris: Jouve Sl., 1992*
11. *Россия – Европа: стратегия энергетической безопасности. Материалы Консультативного Совещания. – М., 1995.*
12. *From World Power Conference to World Energy Council. 90 years of energy cooperation, 1923-2013. Published by the World Energy Council, 2013. ISBN 978 0 946121 31 1– URL: https://www.worldenergy.org/assets/downloads/A-Brief-History-of-the-World-Energy- Council.pdf*
13. *What is the energy trilemma? – URL: https://www.worldenergy.org/assets/images/imported/2013/09/Trilemma-original.pdf*
14. *World Energy Trilemma. Time to get real – the case for sustainable energy investment. World Energy Council 2013. 113 p. – URL: https://www.worldenergy.org/assets/images/imported/2013/09/2013-Time-to-get-real-the-case-for-sustainable-energy-investment.pdf*
15. *Мастепанов А.М. Энергетические прогнозы МИРЭС // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. Научно-экономич. журнал. 2017, №5. С.12–17.*
16. *World Energy Trilemma Index 2019, published by the World Energy Council 2019 in partnership with OLIVER WYMAN. 79 p. – URL: ttps://trilemma.worldenergy.org/reports/main/2019/2019%20Energy%20Trilemma%20Index.pdf*
17. *Fostering Effective Energy Transition 2020 edition. Insight Report. May 2020. – URL: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Fostering_Effective_Energy_Transition_2020_Edition.pdf*
18. *РНК МИРЭС – URL: http://rnk.worldenergyrussia.ru/*
19. *Global and Russian Energy Outlook 2019 / ed. A.A. Makarov, T.A. Mitrova, V.A. Kulagin; ERI RAS – Moscow School of Management SKOLKOVO – Moscow, 2019. 210 p. – ISBN 978-5-91438-029-5*
20. *Song, L., Fu, Y., Zhou, P., & Lai, K. K. (2017). Measuring national energy performance via Energy Trilemma Index: A Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis. Energy Economics, 66, 313–319. doi:10.1016/j.eneco.2017.07.004*
21. *Heffron, R. J., McCauley, D., & Sovacool, B. K. (2015). Resolving society's energy trilemma through the Energy Justice Metric. Energy Policy, 87, 168–176 p. doi:10.1016/j.enpol.2015.08.033*
22. *Gunningham, N. (2013). Managing the energy trilemma: The case of Indonesia. Energy Policy, 54, 184–193. doi:10.1016/j.enpol.2012.11.018*
23. *Šprajc, P., Bjegović, M., & Vasić, B. (2019). Energy security in decision making and governance - Methodological analysis of energy trilemma index. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 114, 109341. doi:10.1016/j.rser.2019.109341*
24. *– URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Онтология_(информатика)*