

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2020, №2, Том 12 / 2020, No 2, Vol 12 <https://esj.today/issue-2-2020.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/82ECVN220.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Решнёва Е.А., Пономаренко Т.В., Александр Патрисио Москера Урбано Многокритериальный анализ направлений стратегического развития энергетического сектора // Вестник Евразийской науки, 2020 №2, <https://esj.today/PDF/82ECVN220.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Resniova E.A., Ponomarenko T.V., Alexander Patricio Mosquera Urbano (2020). Multi-criteria analysis of directions of strategic development of the energy sector. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 2(12). Available at: <https://esj.today/PDF/82ECVN220.pdf> (in Russian)

УДК 338.24

ГРНТИ 06.71

Решнёва Екатерина Аркадьевна

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», Санкт-Петербург, Россия
«Экономический» факультет, кафедра «Организации и управления»
Аспирант

E-mail: reshniovakate@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7685-2694>

Пономаренко Татьяна Владимировна

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», Санкт-Петербург, Россия
Профессор кафедры «Организации и управления»
Доктор экономических наук, профессор

E-mail: stv_mail@mail.ru

Александр Патрисио Москера Урбано

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», Санкт-Петербург, Россия
«Экономический» факультет, кафедра «Организации и управления»
E-mail: alexander.otavalo@gmail.com

Многокритериальный анализ направлений стратегического развития энергетического сектора

Аннотация. Сложность стратегического управления обусловлена многовариантностью развития управляемого объекта, влиянием множества внутренних и внешних факторов, необходимостью обоснованного выбора и реализации лучшего варианта.

Специфика стратегического управления энергетическим сектором в развивающихся странах связана с принципиальными изменениями условий развития экономики и энергетического сектора, нестабильной геополитической ситуацией, необходимостью достижения устойчивого развития, экологическими проблемами, развитием инновационных технологий, неполнотой информации, неопределенностью и рисками. Это требует развития подходов и методов стратегического управления применительно к энергетическому сектору.

На основе «энергетической трилеммы» формируются принципы устойчивого развития энергетического сектора, критерии и показатели для выбора направлений его развития.

Многокритериальный анализ решений (МКАР) представляет собой подход, обеспечивающий выбор лучшей альтернативы из множества. На основе анализа состояния и перспектив развития энергетического сектора Республики Молдова, применен МКАР к выбору

оптимального варианта стратегии развития энергетического сектора, обеспечивающего сбалансированное и устойчивое развитие энергетики страны. Выполнена оценка возможности применения МКАР в энергетической отрасли, включая анализ признаков и условий применения; характеристику качественных и количественных методов; обоснование показателей при выборе оптимального варианта развития энергетического сектора Республики Молдова; разработку процедуры применения МКАР при выборе стратегии в энергетическом секторе Республики Молдова; построение рейтинга вариантов.

Авторами был разработан программный продукт «Применение МКАР выбора направления развития энергетического сектора Республики Молдова», который включает в себя проведение многокритериального анализа решений и анализа чувствительности полученных результатов. Предложенные этапы проведения МКАР рассмотрены в статье с применением разработанного программного продукта.

Ключевые слова: стратегическое управление; энергетический сектор; многокритериальный анализ решений; стратегическое развитие; сценарии развития; Европейское Энергетическое сообщество; энергетика развивающихся стран; «энергетическая трилемма»; индекс энергетической устойчивости

Введение

Республика Молдова развивается в условиях энергетической зависимости и находится в сложном социально-экономическом положении. В 2019 году Республика Молдова находилась на общем 107 месте рейтинга стран по энергетической устойчивости, включающего 128 стран. При этом, страна занимала по отдельным критериям следующие места: по критерию энергетической безопасности – 120 место, доступности – 98 место и экологичности – 106 место¹. Такая ситуация определяет актуальность обеспечения энергетической устойчивости для развивающихся стран, не имеющих собственных энергетических ресурсов, включая баланс энергетической безопасности, энергетического равенства и экологической устойчивости страны.

Кризисное состояние энергетического сектора Республики Молдова характеризуется дефицитом производственных мощностей; импортом электроэнергии из Украины и Приднестровья (более 70 %); ростом импорта энергетических ресурсов (природного газа с долей в общем балансе импорта более 50 %); большими потерями электроэнергии и теплоэнергии (более 20 %); износом энергетического оборудования, зданий и сооружений (60–70 % по энергосистеме в целом); нескоординированным увеличением тарифов на энергию и энергоносители; слабым государственным регулированием [1; 2]. Дальнейшее

¹ Официальный сайт Мирового Энергетического Совета. URL: <https://trilemma.worldenergy.org/>.

функционирование и развитие энергетического сектора Молдовы регламентируется Энергетической стратегией до 2030 года², где предложены различные варианты.

Главной целью функционирования энергетического сектора Республики Молдова является его устойчивое развитие, которое способно за достаточно короткий промежуток времени привести к энергетической безопасности страны [3]. В 2013 году Всемирный банк при финансовой поддержке *ESMAP* (*Программа содействия управлению энергетическим сектором*) выполнили технико-экономический анализ электроэнергетического сектора Молдовы и разработали восемь вариантов повышения энергетической безопасности и эффективности энергоснабжения в рамках трех основных сценариев развития³:

1. **сценарий самодостаточности** – строительство в Молдове достаточных мощностей для полного удовлетворения спроса страны на энергию, варианты: AS-1 и AS-2;
2. **сценарий синхронного подключения** – отключение энергетического сектора Республики Молдова от Украины и Приднестровской ГРЭС и синхронное подключение к Европейской Энергетической Системе (ENTSO-E), варианты S-1, S-2, S-3, S-4;
3. **сценарий асинхронного подключения** – подключение Республики Молдова к ENTSO-E через станции Back-to-Back (BtB), с учетом сохранения взаимодействий с ГРЭС и Украиной, варианты A-1 и A-2.

Под сценарием понимается направление развития энергетического сектора, имеющее различные варианты реализации. Сценарии различаются способом взаимодействия с энергетическими секторами соседних стран. Различия вариантов внутри каждого сценария связаны с выбором схемы подключения/отключения взаимодействия с энергетическими секторами соседних стран.

Основная цель данного исследования – выбрать оптимальный вариант развития энергетического сектора Республики Молдова, который обеспечит сбалансированное и устойчивое развитие энергетики страны в ближайшей перспективе.

Задачами исследования являются:

1. Обосновать применение метода МКАР для выбора направлений развития энергетического сектора Республики Молдова.
2. Уточнить признаки, выявить преимущества и недостатки метода МКАР.
3. Разработать алгоритм проведения МКАР для выбора направления развития энергетического сектора Республики Молдова.
4. Разработать и применить программный продукт по выбору решения по направлению развития энергетического сектора.

Методы исследования: стратегический анализ, методы оптимизации, экономико-математическое моделирование.

Теоретические и методологические основы стратегического управления рассмотрены: Шестопап Ю.Т., Дорофеевым В.Д., Дресвянниковым В.А., Щетининой Н.Ю., Шмелёвой А.Н.

² Энергетическая стратегия Молдовы до 2030 года, утвержденная Постановлением Правительства № 102 от 05.02.2013 года. URL: <https://mei.gov.md/ru/content/energetika>.

³ Документ ESMAP и Всемирного банка // Отчет №: ACS12721. Молдова. Секторальное исследование рыночных вариантов электроэнергетики. – Июнь, 2015 – 94 С.

В своей работе авторы обсуждают широкий спектр тем – от анализа среды до реализации стратегий [4].

Вопросам стратегического инновационного управления в энергетике посвящена работа Морозова В.В. В своем труде автор анализирует текущее состояние и перспективы развития рынка электроэнергии и мощности. Даются четкие рекомендации по реформированию и управлению энергетическим сектором [5].

В работе Любимовой Н.Г. и Петровского Е.С. проанализировано современное состояние энергетической отрасли и перспективы технического развития, сформированы механизмы функционирования целевой модели рынков энергии и мощности [6].

Системный анализ стратегических проблем энергетического сектора Республики Молдова выполнен в исследованиях Коменданта И.Т. [7].

В Энергетической стратегии Республики Молдова до 2030 года охарактеризованы стратегические возможности, основные антикризисные направления энергетической отрасли в целях обеспечения энергетической безопасности, экономического роста и повышения уровня благосостояния населения. В отчете ESMAP и Всемирного банка «Секторальное исследование рыночных вариантов электроэнергии» приведена характеристика энергетической системы, обоснованы прогнозы спроса и пиковой нагрузки на 20-летний период, предложены базовые сценарии развития и варианты. Анализ этих исследований показал наличие в энергетическом секторе Республики Молдова фундаментальных проблем отраслевого уровня, слабо структурированных, требующих учета множества факторов, имеющих социально-эколого-экономическую направленность.

Для разработки вариантов развития энергетической отрасли применяются следующие методы: отраслевое прогнозирование, макроэкономическое прогнозирование, составление энергетического баланса, составление межотраслевого баланса (МОБ), составление матриц «Затраты-Выпуск», разработка согласованных государственных стратегий, политик, программ и планов (Энергетической стратегии, Технической политики в электроэнергетике и других). Данные методы позволяют сформировать варианты развития, требуют высокого уровня стратегического планирования и прогнозирования на национальном уровне по отраслям, а также развитого методического обеспечения.

Для оценки и выбора направлений отраслевого развития могут применяться различные методы оптимизации. Анализ показал, что в энергетическом секторе многокритериальный анализ решений (МКАР) применяется при обосновании технического перевооружения [8], при выборе вариантов строительства электростанций [9], энергообъектов, работающих на ВИЭ, т. е., для решения стратегических задач различного уровня.

Методика применения многокритериального анализа решений

Целью МКАР является методическое и инструментальное обеспечение выбора лучшего решения в соответствии с заданными критериями, определенными заинтересованными лицами или сторонами. Методы МКАР представляют собой систематизированную процедуру анализа множества альтернатив с использованием нескольких критериев с целью преодоления ограничений неструктурированного индивидуального или группового принятия решений [10]. МКАР может быть применен при постановке и структурировании стратегических целей, что будет способствовать конкретизации целей, ценностей и предпочтений, а также при формировании стратегий развития для выбора оптимальной. Также использование подхода МКАР может быть целесообразным в ситуациях [11]:

- сравнения нескольких вариантов решения при анализе, выявление наиболее предпочтительных и неприемлемых вариантов;
- сравнения вариантов при наличии нескольких, иногда противоречивых критериев;
- необходимости достижения компромиссного решения в ситуации, когда различные заинтересованные стороны имеют противоречивые цели или ценности.

МКАР может быть качественным и количественным.

Качественный подход к МКАР ориентирован на использование широкого набора критериев и нефиксированного набора их значений, а также применение специфических критериев для конкретных ситуаций. При качественном МКАР используется только совещательный процесс для принятия решений на основе учета многих критериев. Качественный подход может рассматривать альтернативные варианты решений, однако сам процесс принятия решения не формализован, влияние критериев остается неочевидным, процесс не является прозрачным и, вероятно, вряд ли будет воспроизводимым. Учет множества разнородных факторов не подчинен определенному алгоритму и процесс принятия решения субъективен. Качественные методы могут быть индивидуальными (логические, метод инверсии) и коллективными («мозговая атака», метод Дельфи, эксперимент, методы построения «деревьев целей» и «деревьев критериев»). Негативными сторонами подхода являются недостаточная согласованность решений между различными уровнями принятия решений и внутри каждого уровня в связи с отсутствием процедуры упорядочивания; слабая прозрачность и воспроизводимость процесса принятия решения в силу трудности понимания аргументации принимаемых решений лицами, находящимися вне процесса [12].

Количественный МКАР позволяет разработать формализованный инструмент принятия решения, который основан на ранжировании альтернатив на основе предварительной оценки важности различных критериев (весовых коэффициентов) и с учетом их значений, также выраженных количественно. Количественный подход обеспечивает прозрачность процесса принятия решения, т. е. независимость решений от сложности предоставляемых доказательств, ясность процесса для заинтересованных сторон, а также согласованность между различными уровнями принятия решений.

Методика количественного МКАР включает:

1. Определение набора критериев, которые затем объединяются в единую математическую функцию.
2. Определение весовых коэффициентов для выбранных критериев.
3. Определение шкал для измерения значений каждого из критериев.
4. Наличие метода отнесения полученной для каждого варианта решения оценки к соответствующему уровню приоритетности (в случае необходимости).

Количественные методы МКАР различаются способами вычисления весов и числовых значений критериев, которые затем используются для принятия решения, и включают элементарные модели, модели измерения ценности, модели предпочтения и модели референсного уровня.

Элементарные модели – это группа методов (максимин, максимакс, метод Гурвица и др.), которые требуют учета частичных субъективных предпочтений в рамках процесса принятия решений. Эти методы просты, быстро и относительно легко реализуемы, не требуют

сложных математических навыков у исследователя, предполагают проведение анализа чувствительности.

Модели измерения ценности включают простую линейную аддитивную модель, мультиатрибутивную модель ценности, мультиатрибутивную модель полезности и аналитическую иерархическую модель. Эти методы позволяют выбирать альтернативу путем сравнения итоговых оценок. При этом, низкий вклад одного критерия может быть компенсирован высоким вкладом другого критерия.

В моделях предпочтения сначала попарно сравниваются альтернативы по каждому из критериев отдельно и определяется степень предпочтения одной альтернативы перед другими. Затем эта информация объединяется по всем критериям для каждой из анализируемых альтернатив и вычисляется величина превосходства каждой альтернативы над другими, по которой выбирается наиболее предпочтительная альтернатива.

В моделях референсного уровня осуществляется выбор альтернатив, которые находятся ближе всего к достижению заранее определенного желательного или приемлемого значения [13].

Слабыми сторонами количественных методов МКАР являются: фиксированное количество критериев и их значений; необходимость сбора представительного объема фактических данных и доказательной базы для каждой из альтернатив.

Разработка и применение методики МКАР для выбора вариантов развития энергетического сектора Республики Молдова

Для оценки вариантов развития энергетического сектора Республики Молдова выбран количественный подход МКАР, в связи с тем, что имеется набор критериев и их значений по каждому варианту.

Применение МКАР включает следующие этапы:

1. Определение целей оценки.
2. Обоснование критериев.
3. Оценка каждого критерия в баллах.
4. Присвоение критериям коэффициентов взвешивания.
5. Оценка каждого варианта в баллах с учетом весов.
6. Анализ результатов и выбор лучшего варианта.

Для анализа вариантов развития энергетического сектора Республики Молдова были применены следующие критерии:

1. Текущая стоимость инвестиций на 20-летний период.
2. Нормализованный средний тариф на 20-летний период.
3. Степень безопасности электроснабжения.
4. Уровень конкуренции.
5. Возможность транзита электроэнергии между Востоком и Западом (и наоборот).
6. Воздействие на окружающую среду.
7. Операционные сложности реализации.

Выбор критериев связан с влиянием трех факторов. Во-первых, с существующей «энергетической трилеммой», созданной Мировым Энергетическим Советом для реализации проектов устойчивой энергетики, которая включает следующие три аспекта: энергетическую безопасность, энергетическое равенство и экологическую устойчивость [14]. Энергетическая безопасность подразумевает состояние защищенности граждан, общества, государства, экономики от угроз дефицита в обеспечении их потребностей в энергии экономически доступными энергетическими ресурсами приемлемого качества и от угроз нарушений бесперебойности энергоснабжения [15]. Под энергетическим равенством понимается наличие и доступность энергии для населения. Экологическая устойчивость включает минимизацию экологического риска и негативного воздействия (выбросы CO₂) на окружающую среду при производстве электроэнергии/теплоэнергии, развитие генерации энергии из возобновляемых источников. Во-вторых, с кризисным экономическим состоянием в стране (по данным Всемирного Банка Республика Молдова относится к группе стран с доходом ниже среднего).⁴ В-третьих, с крайне низкой степенью энергетической устойчивости, определяемой по значению соответствующего индекса.

Значения показателей были определены следующим образом:

1. Текущая стоимость инвестиций была рассчитана с использованием коэффициента обновления (амортизации), исходя из среднего срока полезного использования основного энергетического оборудования 9 %.
2. Нормализованные тарифы были рассчитаны на 20-летний период.
3. Степень безопасности электроснабжения была определена с использованием индекса Симпсона, оценивающего разнообразие источников и способов генерации. Чем ближе значение индекса к 1, тем больше разнообразие.
4. Уровень конкуренции измеряется количеством основных источников генерации энергии для варианта, определяющих величину тарифа на электроэнергию/теплоэнергию. Значения: 0 – для сценариев самодостаточности, 1 – для синхронного сценария (за исключением варианта S-3, который имеет 2 источника: Румыния и ГРЭС) и 3 – для асинхронных сценариев (Румыния, Украина и ГРЭС).
5. Возможность транзита электроэнергии между Востоком и Западом: все асинхронные сценарии могут передавать электроэнергию при максимальной нагрузке 870 МВт. Двумя поставщиками на Востоке являются Молдавская ГРЭС и Украина. У синхронного сценария только вариант S-3 имеет эту возможность, и только Молдавская ГРЭС может быть поставщиком с Востока. В рамках сценариев самодостаточности транзитная пропускная способность ограничена 220 МВт.
6. Воздействие на окружающую среду было рассчитано на основе выбросов парниковых газов для каждого сценария (тонн выбросов CO₂ на протяжении 20 лет).
7. Операционные сложности реализации включают в себя количество существующих линий межсоединения, которые необходимо будет отключить при реализации определенного варианта.

⁴ The Little green data Book from the World Bank. URL: <https://openknowledge.worldbank.org/>.

Значения двух экономических критериев (инвестиции и нормализованные тарифы на 20-летний период) приведены в таблице 1.

Таблица 1
Стоимость инвестиций и обоснованные тарифы для каждого варианта

Варианты сценариев	Всего инвестиций (млн. USD)		Тариф, установленный на 20-летний период (USD/кВт)
	Номинальное значение	Текущее значение*	
AS-1	1 445	1 023	16.60
AS-2	1 005	700	16.31
S-1	410	285	15.01
S-2	383	266	14.96
S-3	348	242	14.94
S-4	463	322	15.07
A-1	709	529	15.58
A-2	715	511	15.46

* Используя коэффициент обновления 9 % (источник: документ ESMAP и Всемирного банка, 2015)

В таблице 2 представлены исходные значения критериев по всем вариантам для проведения МКАР.

Таблица 2
Исходные данные для МКАР

Варианты сценариев	Текущая стоимость инвестиций (млн долл.)	Нормализованный тариф (цент/КВт*ч)	Степень безопасности электроснабжения	Уровень конкуренции	Возможность транзита электроэнергии между Востоком и Западом (МВт)	Воздействие на окружающую среду (эмиссия CO ₂ , млн т)	Операционные сложности (шт.)
AS-1	1 023	16.60	0.718	0	220	30.6	0
AS-2	700	16.31	0.667	0	220	18.6	0
S-1	285	15.01	0.364	1	0	29.2	23
S-2	266	14.96	0.364	1	0	29.2	23
S-3	242	14.94	0.601	2	600	25.7	15
S-4	322	15.07	0.364	1	0	29.2	23
A-1	529	15.58	0.713	3	1 250	27.8	0
A-2	511	15.46	0.713	3	1 250	27.8	0

Источник: документ ESMAP и Всемирного банка, 2015

На рис. 1 представлен расчет балльной оценки в программном продукте «Применение МКАР выбора направления развития энергетического сектора Республики Молдова».

Балльная оценка рассчитывается следующим образом:

- прямой расчет: наибольшему значению присваивается 0 баллов, а наименьшему – 100 баллов;
- обратный расчет: наибольшему значению присваивается 100 баллов, а наименьшему – 0 баллов (степень энергетической безопасности, степень конкуренции, транзитная мощность);
- Промежуточные значения вычисляются на основе следующей формулы:

$$\frac{\text{наибольшее значение инвестиций} - \text{фактическое значение инвестиций для конкретного варианта сценария}}{\text{наибольшее значение инвестиций} - \text{наименьшее значение инвестиций из всех вариантов сценариев}} \quad (1)$$

Коэффициент взвешивания для каждого критерия определяется заинтересованными сторонами [16], участвующими в принятии стратегического решения по развитию энергетического сектора Республики Молдова. Значения коэффициентов взвешивания варьируются от 0 до 1 и их общая сумма должна быть равна 1.

Варианты	текущая стоимость инвестиций (млн. долл)	нормализованный тариф	степень энергетической безопасности	степень конкуренции	транзитная мощность электроэнергии (МВт)	воздействие на окружающую среду (эмиссия CO ₂ , млн. т)	операционные трудности (кол-во откл)
AS-1	0	0	100	0	82	0	100
AS-2	41	17	86	0	82	100	100
S-1	94	96	0	33	100	12	0
S-2	97	99	0	33	100	12	0
S-3	100	100	67	67	52	41	35
S-4	90	92	0	33	100	12	0
A-1	63	61	99	100	0	23	100
A-2	66	69	99	100	0	23	100
Кoeffициент взвешивания	0,22	0,22	0,132	0,198	0,110	0,110	0,011

Рисунок 1. Балльная оценка и взвешивание критериев (программный продукт «Применение МКАР выбора направления развития энергетического сектора Республики Молдова») (источник: разработано авторами)

На рис. 2 выполнены расчеты балльной оценки по вариантам с определением рейтинга.

Варианты	текущая стоимость инвестиций (млн. долл)	нормализованный тариф	степень энергетической безопасности	степень конкуренции	транзитная мощность электроэнергии (МВт)	воздействие на окружающую среду (эмиссия CO ₂ , млн. т)	операционные трудности (кол-во откл)	Общий балл	Рейтинг
A-2	14,52	15,18	13,068	19,8	11	2,53	1	77,098	1
S-3	22	22	8,844	13,266	5,28	4,51	0,35	76,25	2
A-1	13,86	13,40	13,068	19,8	11	2,53	1	74,678	3
S-2	21,34	21,78	0	6,534	0	1,32	0	50,974	4
S-1	20,68	21,12	0	6,534	0	1,32	0	49,654	5
S-4	19,8	20,24	0	6,534	0	1,32	0	47,894	6
AS-2	9,02	3,74	11,352	0	1,98	11	1	38,092	7
AS-1	0	0	13,2	0	1,98	0	1	16,18	8

Рисунок 2. Рейтинг вариантов с применением программного продукта «Применение МКАР выбора направления развития энергетического сектора Республики Молдова») (источник: разработано авторами)

Результаты

Вариант А-2 сценария асинхронного подключения получил максимальную оценку, учитывая выбранные критерии, весовые коэффициенты и их значения. Анализ значений критериев (табл. 2) показал, что асинхронные варианты в значительной степени отличаются от других по следующим показателям: степень конкуренции, транзитная мощность электроэнергии и операционные трудности. Таким образом, асинхронный сценарий имеет следующие преимущества:

- Диверсификация источников электроэнергии и топлива. Этот сценарий позволит приобретать электроэнергию по конкурентным ценам из Румынии, которая производится с использованием различных видов топлива (угля, природного газа, ядерной энергии, возобновляемых источников энергии), а также сохранение возможности приобретения электроэнергии у других поставщиков (ГРЭС и Украина), что будет способствовать росту конкуренции на энергорынке.

- Взаимоподключение в асинхронном режиме позволит Молдове продолжать пользоваться резервными услугами, предоставляемыми Украиной и Приднестровской ГРЭС.
- Более короткий период реализации, при этом операционные трудности сведены к минимуму.

Выводы

Метод МКАР позволяет оценивать множество критериев при выборе оптимального варианта, способствует более полному пониманию рассматриваемой проблемы, включая вопросы структурирования критериев и альтернатив.

При проведении МКАР для выбора оптимального варианта развития энергетического сектора Республики Молдова были выделены наиболее значимые критерии, включая социально-экономические, технические и экологические показатели, соответствующие принципам «энергетической трилеммы».

На основе метода МКАР были выявлены преимущества асинхронного сценария развития энергетического сектора, который предусматривает как частичное присоединение к Европейскому Энергетическому сообществу, так и сохранение сотрудничества с Украиной и Приднестровьем. Это будет способствовать развитию национальной энергетической системы, конкуренции на энергетическом рынке, обеспечению энергетического равенства, росту энергетической безопасности и экологической устойчивости энергетического сектора Республики Молдова.

ЛИТЕРАТУРА

1. Решнёва Е., Москера А., Пономаренко Т.В. Проблемы энергетического сектора развивающихся экономик // УЭКС. – 2019. – (130) №12. – 17 с.
2. Хуажева А.Ш. Исследование проблем функционирования региональных энергетических систем в условиях ограниченности собственных энергетических ресурсов // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 5: Экономика. – 2011. – № 4. – С. 16–24.
3. Reshneva E., Ponomarenko T.V. Challenges and opportunities of integration of the energy capacity of the Republic of Moldova (RM) in the European energy system // Topical Issues of Rational Use of Mineral Resources. – 2018. – p. 325–329.
4. Шестопап Ю.Т., Дорофеев В.Д., Дресвянников В.А., Щетинина Н.Ю., Шмелёва А.Н. Стратегический менеджмент: учеб. пособие // КНОРУС. – 2011. – 307 с.
5. Морозов В.В. Стратегическое инновационное управление в электроэнергетике // Альфа-М. – 2004. – 280 с.

6. Любимова Н.Г., Петровский Е.С. Экономика и управление в энергетике // Издательство Юрайт. – 2017. – 485 с.
7. Comendant I. Impactul economic și de securitate a interconectării sistemelor electroenergetice a Republicii Moldova și cel Vest European // Problemele energeticii regionale 2 (34) Economia în energetica. – 2017. – 11 p.
8. Домников А.Ю. Аспекты многокритериального анализа направлений технического перевооружения электрических станций // Вестник УГТУ-УПИ. – 2005. – С. 26–33.
9. Егоров А.Ф., Коробейников В.В. Применение многокритериального анализа для сравнения инновационных ядерно-энергетических систем // Вопросы атомной науки и техники. – 2017. – С. 5–14.
10. Петелин К.С., Зорькин А.С. Метод многокритериального анализа решений для управления проектами. Ника. – 2012. – 234 с.
11. Яцало Б.И., Грицюк С.В., Диденко В.И., Мирзеабасов О.А. Система многокритериального анализа решений Decerns MCDA и ее практическое применение // международный проект МНТЦ № 3549, Программные продукты и системы. – 2014. – № 2. – С. 75–85.
12. Нелюбин А.П., Подиновский В.В. Взаимосвязь качественной и количественной важности критериев в многокритериальных задачах принятия решений // Открытое образование. – 2011. – № 6 (89). – С. 108–115.
13. Яцало Б.И., Грицюк С.В., Мирзеабасов О.А., Василевская М.В. Учет неопределенностей в рамках многокритериального анализа решений с использованием концепции приемлемости // Управление большими системами. – 2010. – № 32. – С. 5–30.
14. Зорина Т.Г. Устойчивое развитие энергетики: сущность и методические подходы к оценке // Современные технологии управления. – 2015. – №1 (49). – 10 с.
15. Воропай Н.И., Сендеров С.М. Энергетическая безопасность: сущность, основные проблемы, методы и результаты исследований. – Москва, 2011 – 90 с.
16. Подиновский В.В. Идеи и методы теории важности критериев в многокритериальных задачах принятия решений // М.: Наука, – 2019. – 103 с.
17. Федяева В.К., Омеляновский В.В., Реброва О.Ю. Многокритериальный анализ как инструмент поддержки принятия решений: обзор методов и возможностей их применения в оценке технологий здравоохранения. Медицинские технологии. Оценка и выбор. 2014; 2(16): 30–35.

Resniova Ecaterina Arkad'evna

Saint-Petersburg mining university, Saint-Petersburg, Russia
E-mail: reshniovakate@gmail.com

Ponomarenko Tatiana Vladimirovna

Saint-Petersburg mining university, Saint-Petersburg, Russia
E-mail: stv_mail@mail.ru

Alexander Patricio Mosquera Urbano

Saint-Petersburg mining university, Saint-Petersburg, Russia
E-mail: alexander.otavalo@gmail.com

Multi-criteria analysis of directions of strategic development of the energy sector

Abstract. The difficulty of strategic management is due to the multi-variant development of the managed object, the influence of many internal and external factors, determining the choice and implementation of the option.

The specifics of strategic management of the energy sector in developing countries are related to fundamental changes in the conditions for the development of the economy and the energy sector, the unstable geopolitical situation, the need to achieve sustainable development, environmental problems, the development of innovative technologies, incomplete information, uncertainty and risks. These require the development of approaches and methods of strategic management in relation to the energy sector.

The principles of sustainable development of the energy sector, criteria and indicators for choosing the directions of its development are formed based on the «Energy trilemma».

Multi-criteria decision analysis (MCDA) is an approach that provides a choice of the best alternative from the set. Based on the analysis of the state and prospects of development of the energy sector of the Republic of Moldova, the MCDA was applied to the selection of the optimal strategy for the development of the energy sector, ensuring a balanced and sustainable development of the country's energy sector. The assessment of the possibility of using MCDA in the energy industry, including the analysis of signs and conditions of application, the characteristic of qualitative and quantitative methods; justification of indicators when choosing the optimal option for the development of the energy sector of the Republic of Moldova; development of the procedure for applying the MCDA when choosing a strategy in the energy sector of the Republic of Moldova; building a rating of options.

The authors devised a software product «Application of the MCDA for choosing the direction of development of the energy sector of the Republic of Moldova», which includes multi-criteria analysis of solutions and sensitivity analysis of the results obtained. The proposed stages of MCDA are considered in the article using the developed software product.

Keywords: strategic management; energy sector; multi-criteria decision analysis; strategic development; scenarios of development; European Energy community; energy of developing countries; «energy trilemma»; index of energy sustainability