

## Количественные методы исследования эффективности государственного управления по обеспечению энергетической безопасности

Основная цель статьи — разработка агрегированного индикатора энергетической безопасности (ИЭБ) на основе индивидуальных показателей. Данные показатели отражают энергетические, экономические, социальные и экологические аспекты энергетической безопасности, разработанные в 1995 г. Всемирным экономическим советом. В статье приведены используемые принципы и методология разработки индикатора энергетической безопасности. Авторами применяются современные методы эконометрического анализа и методы обработки данных, такой как метод главных компонент. Данный метод позволяет определить группу показателей, наиболее влияющих на энергетическую безопасность, и использовать различные сценарии энергетической политики с целью оценки их эффективности. Так как индикатор энергетической безопасности отображает состояние энергетического сектора страны, то его оценки окажут помощь в совершенствовании энергетической политики и государственного управления. Это связано с тем, что расчет данного индекса включает показатели, которые отражают основные факторы политики государства в сфере энергетики. Таким образом, индикатор энергетической безопасности способен оказать помощь в выявлении проблем в энергетическом секторе страны и разработать пути их устранения. Также его можно использовать для проведения сравнительного анализа с различными странами в целях использования их передового опыта.

*Ключевые слова:* энергетическая безопасность, государственное управление, количественные методы, метод главных компонент, индикатор энергетической безопасности, энергоэффективность, экология, энергоёмкость.

### Введение

Актуальность вопросов энергетической безопасности возросла в течение последних лет в силу действия как внутренних, так и внешних факторов. По мнению ученых постсоветских стран, односторонний характер интеграции усилил зависимость их экономики от конъюнктуры сырьевых рынков. В связи с этим государственными органами и научно-исследовательскими организациями ведется работа по обеспечению повышения энергетической безопасности, являющейся важнейшим компонентом национальной и экономической безопасности.

При этом возникает вопрос: что такое энергетическая безопасность и какой ее уровень можно определить, как безопасный? В работе [1] отмечено, что «уровень энергетической безопасности определяется совокупностью комплексного взаимодействия многих факторов технического, экономического, экологического и организационно-управленческого характера, которые в целом должны обеспечить выполнение поставленных целей по осуществлению надежного и доступного энергоснабжения потребителей и гарантии упредить или противостоять энергетическим угрозам». В работе [2] утверждается, что «различные факторы могут рассматриваться как возможные угрозы и риски, которые могут либо умышленно, либо случайно привести к нарушению поставок энергии».

Таким образом, угрозами энергетической безопасности являются события кратковременного или долговременного характера, которые могут дестабилизировать работу энергокомплекса, ограничить или нарушить энергообеспечение, привести к авариям и другим негативным последствиям для энергетики, экономики и общества [3]. Различают внутренние и внешние угрозы. К внутренним угрозам были отнесены объекты и сферы, генерирующие угрозы внутри страны, а к внешним — исходящие от мирового социально-экономического, политического пространства [4]. На национальном уровне обеспечения энергетической безопасности внутренние угрозы можно также условно разделить на несколько групп: экономические, социально-политические, внешние, техногенные, природные и угрозы, связанные с несовершенством государственного управления [5].

Особая группа угроз — это управленческие угрозы, обусловленные неэффективностью государственного управления в топливно-энергетическом комплексе и энергетической безопасностью, неполнотой и низкой действенностью энергетического законодательства, ошибочными или корыстными

ми действиями управленческого персонала, неэффективностью технологического управления [6]. Очевидно, что управление рисками и угрозами в целях обеспечения энергетической безопасности страны, а также недопущение их реализации — основная задача государственного управления, поскольку качество жизни населения зависит от устойчивости экономических, социальных и экологических систем. При этом основным инструментом государственного управления, как наиболее эффективного, во всем мире рассматриваются количественные методы управления, в том числе управление по обеспечению энергетической безопасности.

#### *Основная часть исследования*

Для того чтобы количественно оценить эффективность государственного управления по обеспечению энергетической безопасности международными организациями (Европейская комиссия (ЕС), Европейское агентство по окружающей среде (ЕАОС), Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), Международное энергетическое агентство (МЭА), Азиатско-Тихоокеанский исследовательский энергетический центр (АТИЭЦ), Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ), Всемирный энергетический совет (ВЭС), Департамент Организации Объединенных Наций по экономическим и социальным вопросам (ДЭСВ ООН)), разработаны показатели для описания взаимосвязи между использованием энергии и экономическими, экологическими и социальными вопросами на уровне отдельной страны [7].

Следует отметить, что под понятием «индикатор» подразумевается инструмент, способный адекватно отражать эффективность и перспективы развития исследуемой системы и быть при этом функционально значимым. В [8] выделены три отличительных признака индикатора как инструмента оценки:

- количественное представление;
- высокая степень чувствительности и изменчивости;
- значительная степень взаимодействия и взаимосвязи между собой.

Показатели энергетической безопасности могут быть двух типов — дезагрегированные (совокупность индивидуальных показателей) и агрегированные. Дезагрегированные показатели для оценки энергетической безопасности включают в себя соотношение запасов и добычи, стратегические запасы топлива, индекс Шеннона-Виньера (т.н. индекс разнообразия), топливо с низким содержанием углерода, зависимость от импорта чистой энергии, риск концентрации геополитического рынка, рыночную ликвидность, геополитическую энергетическую безопасность, затраты нефти на ВВП и конечную стоимость энергии на ВВП [9]. Использование системы дезагрегированных показателей позволяет более детально анализировать сложившееся положение и выявлять конкретные проблемы развития, но при этом не дает всей картины и не отражает динамики показателей, подсчитанных интегральными методами. Кроме того, интегральные показатели могут иметь разные векторы направленности (рост или снижение), положительный или отрицательный характер показателя, что сложно интерпретировать и свести в общую картину [10].

При этом система отдельных показателей требует нормирования пороговых значений индикаторов, а в настоящее время данный вопрос проработан недостаточно. В качестве нормативного значения индикатора принимается некоторая допустимая величина, которая выступает как ограничение в оптимизационной процедуре по принятию решений по развитию и эксплуатации систем энергетики. В основе разработки методов нормирования пороговых значений индикаторов лежит понятие неприемлемого (недопустимого) ущерба [11]. К ущербам могут приводить следующие ситуации в топливно-энергетическом комплексе (ТЭК) и в экономике региона: нарушение поставок энергоресурсов; выход из строя крупных производственных объектов; серьезное ухудшение условий жизни населения (включая неприемлемое снижение температуры в жилых и общественных зданиях, продолжительные перерывы подачи газа, электроэнергии и т. д.); перерастание нарушений энергоснабжения в новые каскадно-развивающиеся аварии и значительные сбои в народном хозяйстве. Все это может приводить к нарушениям в экономической сфере, социальным конфликтам из-за нарушения энергоснабжения и другим последствиям. Основная трудность при этом состоит в сложности оценки ущерба (т.е. подсчета потерь и убытков всех элементов экономики).

«Агрегированный показатель» основан на сочетании многих показателей и зависит от стратегической цели государства. Например, «Индекс уязвимости нефти (ОВИ)» имеет семь показателей, связанных с риском нефтяного рынка и риском поставок нефти. ВЭС разработал «Индекс оценки (AI)»,

используя 46 показателей, «Индекс устойчивости энергетики» использует 22 показателя, а «Индекс развития энергетики» (EDI) образован путем объединения четырех показателей [12].

Таким образом, в случае проведения оценки эффективности государственного управления в области обеспечения энергетической безопасности агрегированный показатель будет иметь следующие преимущества:

- во-первых, представляет собой целостный показатель на уровне страны и региона;
- во-вторых, это упрощает рейтинг государств и регионов внутри страны по уровню обеспеченности энергобезопасности;
- в-третьих, он может служить эталоном или исходным сценарием энергетической безопасности на региональном или национальном уровне;
- в-четвертых, он может быть применен в качестве инструмента для мониторинга прогресса и анализа барьеров в энергетическом секторе [13].

#### *Методы исследования*

Отметим, что в Казахстане не разработан стандартный список показателей для оценки энергетической безопасности, в связи с чем мы предлагаем универсальный, с нашей точки зрения, индикатор энергетической безопасности на основе метода, предложенного в [9]. Данный индикатор не только отображает текущее состояние энергетического сектора страны на определенном временном отрезке, но и позволяет разработать меры по совершенствованию энергетической политики с целью повышения энергетической безопасности страны.

Данный индикатор использует 25 показателей индикатора устойчивого развития энергетики (EISD), который был разработан еще в 1995 г. и является результатом межведомственных усилий под руководством МАГАТЭ в сотрудничестве с ДЭСВ, МЭА, Статистическим бюро европейских сообществ (Евростат) и Европейским агентством по окружающей среде (ЕАОС). Следует отметить, что данные показатели в большинстве универсальны для всех стран, кроме показателя «Уровень зависимости от импорта энергии (NEID)». Такие индикаторы разрабатывались для стран-импортеров энергоресурсов. Казахстан к таким странам не относится, поэтому в исследование вводится Индекс относительной экспортозависимости (NEXD), предложенный в [14]. В таблице приведены все показатели для расчета Индекса энергетической безопасности. Ниже дадим краткое обоснование рассматриваемых показателей.

Показатели «Первичная поставка энергии на душу населения», «Конечное потребление энергии на душу населения» и «Потребление электроэнергии на душу населения» были выбраны потому, что они отражают потребление энергии на душу населения и представляют собой результат политики энергоэффективности в части управления спросом.

«Энергоемкость ВВП» и «Энергоемкость ВВП по конечному потреблению» оценивают эффективность использования энергии в денежном выражении. Они также используются для оценки политики в области энергоэффективности.

«Энергоемкость промышленного сектора», «Энергоемкость сельского хозяйства», «Энергоемкость сектора услуг» и «Энергоемкость транспортного сектора» дают представление об экономической производительности в секторах экономики.

«Потери при передаче и распределении э/энергии» и «Потери при трансформации» включены для отражения результатов политики энергоэффективности в системе энергоснабжения.

«Отношение (коэффициент) запасов и добычи (RPR) ископаемого топлива (например, сырая нефть, природный газ, уголь)» используется для представления наличия энергоресурсов в стране, а также эффективности политики управления недрами.

Для отражения эффективности использования электроэнергии в жилом секторе учитываются показатели «Потребление энергии домашних хозяйств на душу населения», «Потребление электроэнергии на душу населения в домашних хозяйствах», «Потребление энергии на одно домашнее хозяйство» и «Доля расходов домашних хозяйств на оплату э/энергии». Эти показатели отражают количественные показатели спроса на электроэнергию, а показатель «Уровень электрификации домашних хозяйств» отображает доступность электроэнергии.

Экологические аспекты энергетической безопасности в ИЭБ представлены показателями «Доля безуглеродной энергии к общему количеству первичной поставки энергии», «Доля ВИЭ в общем конечном потреблении энергии», «Доля мощности, вырабатываемой ВИЭ в общем производстве электроэнергии», «Выбросы CO<sub>2</sub> на душу населения» и «Интенсивность выбросов CO<sub>2</sub> к ВВП».

Показатель «Индекс относительной экспортзависимости (NEXD)», как отмечено выше, представляет рынок экспорта энергии. Для вычисления этого показателя используют индекс Шеннона-Виньера (SWI), который характеризует как количество, так и разнообразие экспортируемого топлива.

Т а б л и ц а

**Показатели, используемые для формирования индикатора ИЭБ**

	Список показателей	Категории показателя	Характер связи показателя
1	Первичная поставка энергии на душу населения (кг н.э./ чел.)	Эконом -1.1	↓
2	Конечное потребление энергии на душу населения (кг н.э./ чел.)	Эконом -1.2	↓
3	Потребление электроэнергии на душу населения (кг н.э./ чел.)	Эконом -1.3	↓
4	Энергоемкость ВВП (кг н.э./ долл.США)	Эконом -2.1	↓
5	Энергоемкость ВВП по конечному потреблению (кг н.э./ долл.США)	Эконом -2.2	↓
6	Потери при передаче и распределении электроэнергии (%)	Эконом -3.1	↓
7	Потери при трансформации (%)	Эконом -3.2	↓
8	Коэффициент запасов сырой нефти к ее добыче (годы)	Эконом -4.1	↑
9	Коэффициент запасов природного газа к его добыче (годы)	Эконом -4.2	↑
10	Коэффициент запасов угля к его добыче (годы)	Эконом -4.3	↑
11	Энергоемкость промышленного сектора (кг н.э./ долл.США)	Эконом -6	↓
12	Энергоемкость сельского хозяйства (кг н.э./ долл.США)	Эконом -7	↓
13	Энергоемкость сектора услуг (кг н.э./ долл.США)	Эконом -8	↓
14	Потребление энергии домашних хозяйств на душу населения (среднее количество человек на одно домохозяйство) (кг н.э./ чел.)	Эконом -9.1	↓
15	Потребление энергии домашних хозяйств на душу населения (среднее количество человек на одно домохозяйство) (кВт/чел.)	Эконом -9.2	↓
16	Энергоемкость транспортного сектора(кг н.э./ долл.США)	Эконом -10	↓
17	Доля мощности, вырабатываемой ВИЭ в общей генерации энергии (%)	Эколог -11	↑
18	Доля безуглеродной энергии к общему количеству первичной поставки энергии (%)	Эколог -12	↑
19	Доля ВИЭ в общем конечном потреблении энергии (%)	Эколог -13	↑
20	Индекс относительной экспортзависимости (%)	Эконом -15	↓
21	Выбросы CO <sub>2</sub> на душу населения (тонн CO <sub>2</sub> /чел.)	Эколог-1.1	↓
22	Интенсивность выбросов CO <sub>2</sub> к ВВП (тонн CO <sub>2</sub> /долл.США)	Эколог -1.2	↓
23	Уровень электрификации домашних хозяйств (%)	Соц-1	↑
24	Доля расходов домашних хозяйств на оплату энергии (%)	Соц-2	↓
25	Потребление энергии жилым сектором на одно домашнее хозяйство (кг н.э./хозяйство)	Соц-3	↓
<p>↓ — отрицательный характер связи и означает: чем ниже значения, тем лучше энергетическая безопасность; ↑ — положительный характер связи и означает: чем выше значения, тем лучше энергетическая безопасность; Кг.н.э — килограмм нефтяного эквивалента</p>			

Примечание. Составлено авторами на основе [9, 12].

Поэтапный алгоритм расчета показателя ИЭБ представлен на рисунке.

1 Этап: Сбор данных.

Статистические данные о подтвержденных запасах энергоресурсов, потреблении энергии по секторам и типам топлива, производстве энергии по типу топлива, импорте / экспорте энергии по видам топлива, энергоемкости по видам топлива, потерях при передаче, потерях при трансформации, валовом внутреннем продукте (ВВП) и по секторам, потребностях населения, собранные в определенный период времени, а также данные по объемам добычи сырой нефти, природного газа и угля.

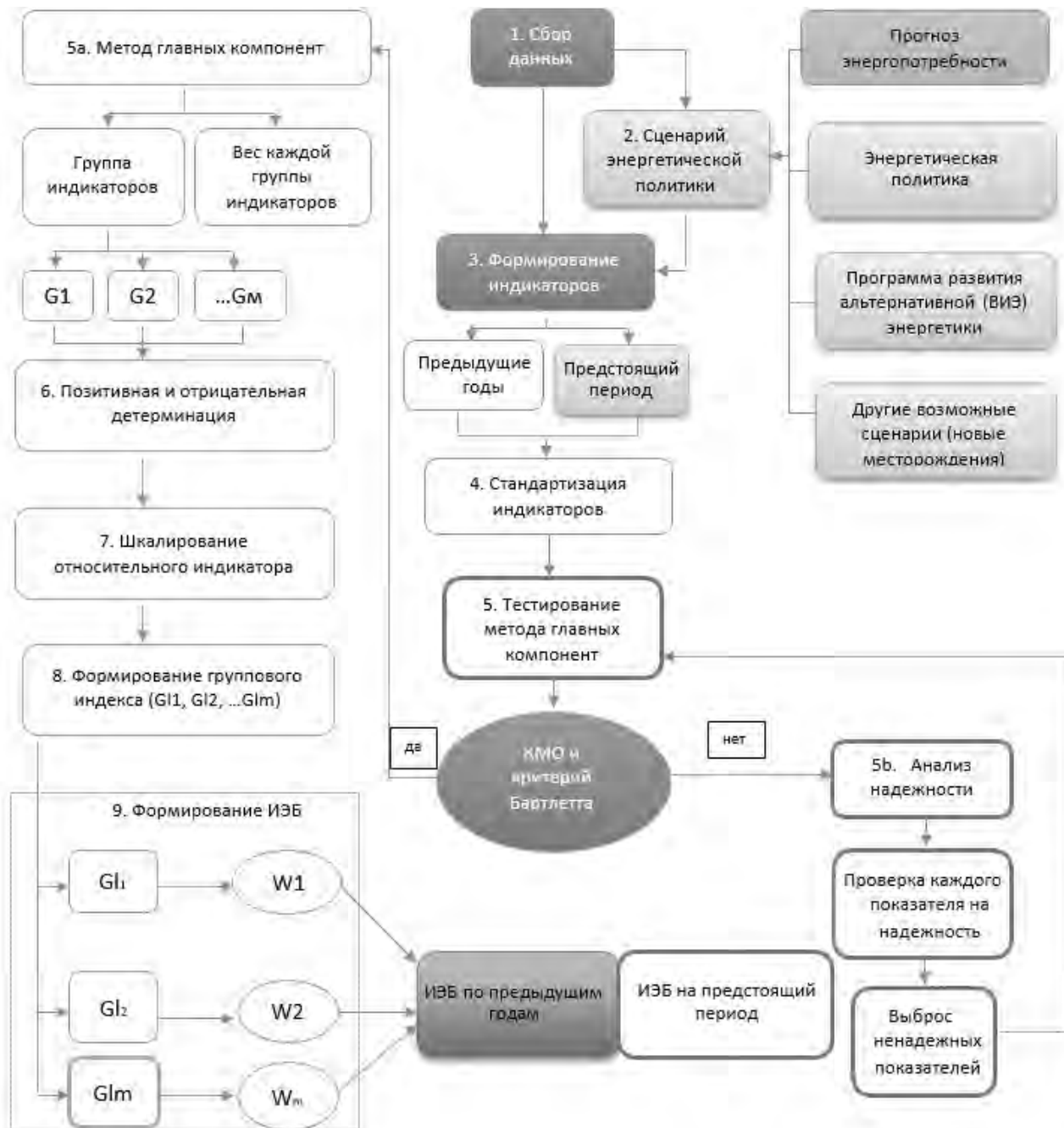


Рисунок. Алгоритм расчета показателя ИЭБ (схема составлена авторами на основе [9])

**2 Этап: Сценарий энергетической политики.**

На этом шаге для оценки прогнозного ИЭБ потребуются прогнозные данные либо показатели, установленные в соответствующих стратегических документах на будущий период.

**3 Этап: Формирование показателей.**

Расчет показателей на основе методики, представленной в работе [9], кроме показателя NEXD, формула для расчета которого представлена в работе [14].

**4 Этап: Стандартизация показателей.**

Стандартизация необходима, так как показатели имеют различные единицы измерения.

**5 Этап: Тестирование «методом главных компонент».**

После стандартизации показатели должны быть сгруппированы в группы по показателям корреляции и пройти тест на адекватность выборки и корреляционное тестирование по критериям Кайзера-Мейера-Олкина (КМО) и Бартлетта.

Критерий КМО определяет адекватность выборки. Если  $0,5 < \text{КМО} < 1$ , данные временных рядов пригодны для анализа с помощью РСА. Критерий Бартлетта используется для проверки гипотез корреляции между показателями. Значимый уровень результатов хи-квадрата ниже 0,05 (уровень доверительности 95%,  $\alpha = 0,05$ ) означает, что эти показатели коррелируют друг с другом (или корреляционная матрица не является единичной). Если показатели не проходят эти тесты, они должны пройти «анализ надежности», который описан ниже.

#### 5а Этап: Метод РСА.

После прохождения КМО и критерия Бартлетта показатели классифицируются по группе показателей с использованием РСА. На данном этапе получают показатели «количество групп», «подходящий весовой коэффициент для каждой группы» и «список показателей в каждой группе». Результат РСА: «корреляционная матрица (R)», «собственные значения» и «факторная нагрузка».

Собственное значение используется для определения количества групп показателей, а вычисление собственного значения проводится согласно алгоритму, разработанному в [13]:

1. Составим корреляционную матрицу (R) размерности  $N \times N$ , используя данные 4 этапа (здесь  $N = 25$ , поскольку в таблице указано 25 показателей). В ней представлены взаимосвязи стандартизированных показателей. Если элемент этой матрицы близок к 1 (или -1), то соответствующие показатели сильно связаны положительно (или отрицательно). С другой стороны, если точка в матрице близка к 0, то соответствующие показатели не коррелируют друг с другом.

2. Для вычисления собственных значений корреляционной матрицы используется следующее уравнение:

$$(R - \lambda I) = 0, \quad (1)$$

где R — это корреляционная матрица размерности  $N \times N$ ;  $\lambda$  — собственное значение; I — идентификационная матрица.

В общем случае имеется N собственных значений уравнения (1), соответствующих корреляционной матрице R. Согласно применяемому методу количество групп индикаторов (показателей) можно идентифицировать, рассматривая собственные значения, превышающие единицу. Кроме того, согласно РСА с использованием метода ортогонального вращения Варимакс будут определены весовые коэффициенты и списки показателей для каждой группы.

#### 5b Этап: Анализ надежности (альтернативный вариант).

Если стандартизированные показатели не проходят КМО, а критерий сферичности Бартлетта показывает, что данные не подходят для метода РСА, то проводится анализ надежности каждого показателя, в соответствии с которым те показатели, которые не являются надежными, исключаются из расчета, а процесс повторяется заново, начиная с 5 Этапа.

#### 6 Этап: Положительная и отрицательная детерминация.

Показатели в каждой группе (результат 5 Этапа) принимают как положительные, так и отрицательные значения. Высокое положительное значение показателя характеризует высокий уровень энергетической безопасности, в то время как высокое отрицательное значение показателя указывает на низкий уровень энергетической безопасности.

На данном этапе проводится инверсия индикаторов с отрицательным характером связи по следующей формуле:

$$Y_{ij} = 1 / X_{ij}, \quad (2)$$

где  $X_{ij}$  — значение  $i$ -го отрицательного показателя  $j$ -го года (из Этапа 3);  $Y_{ij}$  — инверсия  $i$ -го показателя  $j$ -го года.

Отметим, что на данном этапе используются исходные значения показателей из 3 Этапа, а не стандартизированные показатели Этапа 4.

#### 7 Этап: Шкалирование относительного показателя.

На этом этапе происходит нормализация относительных показателей в диапазоне от «0» до «10», где «10» — это наивысшая оценка энергетической безопасности. Аналогичная шкала была использована в исследовании [15]. Положительные показатели непосредственно оцениваются с использованием метода шкалирования, при этом максимальное значение  $MAX_i$  каждого показателя берется равным 10. Другие значения каждого показателя шкалируются в зависимости от максимального значения по формулам

$$MAX_i = \text{Max}\{X_{ij}, \dots, X_{in}\}, \quad (3)$$

$$\phi_{ij} = (10 \times X_{ij}) \div MAX_i, \quad (4)$$

где  $X_{ij}$  — значение  $i$ -го показателя с положительным характером связи  $j$ -го года (данные из этапа 3);  $MAX_i$  — максимальное значение  $i$ -го показателя;  $\phi_{ij}$  —  $i$ -тый относительный показатель  $j$ -го года.

Далее определяется максимальное значение показателя с отрицательным характером связи ( $Y_{ij}$ ), рассчитывается по формуле (2), а затем также применяется метод шкалирования. Аналогично предыдущему случаю (формулы (3) и (4)) максимальное значение перевернутого показателя с отрицательным характером принимают равным 10, а остальные значения этого показателя шкалируются в зависимости от максимального значения и рассчитывают согласно формулам:

$$MAX_i = \text{Max}\{Y_{ij}, \dots, Y_{in}\}, \quad (5)$$

$$\phi_{ij} = (10 \times Y_{ij}) \div MAX_i, \quad (6)$$

где  $Y_{ij}$  — инверсия  $i$ -го показателя  $j$ -го года (из этапа 6);  $MAX_i$  — это максимальное значение  $i$ -го показателя;  $\phi_{ij}$  —  $i$ -тый относительный показатель  $j$ -го года.

8 Этап: Формирование группового индекса.

Результатом данного этапа является расчет группового индекса, который характеризует уровень энергетической безопасности в рамках определенной группы показателей и рассчитывается по формуле

$$GI_{kj} = \sqrt{(\sum(\phi_{ij})^2 \div m)}, \quad (7)$$

где  $GI_{kj}$  —  $k$ -тый групповой показатель  $j$ -го года;  $\phi_{ij}$  —  $i$ -тый относительный показатель  $j$ -го года (как положительный, так и отрицательный показатели);  $m$  — количество показателей в каждой группе (результат этапа 5).

9 Этап: Формирование ИЭБ.

На данном этапе производится окончательное определение значения индикатора энергетической безопасности, который вычисляется путем использования результатов, рассчитанных на этапе 8, и весового коэффициента каждой группы, определенного на этапе 5 по следующей формуле:

$$ИЭБ_j = \sum(W_k \times GI_{kj}) \div \sum W_k, \quad (8)$$

где  $ИЭБ_j$  — это агрегированный показатель эффективности энергетической безопасности за  $j$ -тый год;  $GI_{kj}$  —  $k$ -тый групповой показатель года  $j$ ;  $W_k$  — весовой коэффициент для показателя « $k$ » группы (результат 5 этапа).

Итоговый комбинированный индикатор ИЭБ представляет собой показатель энергетической безопасности страны в рамках выбранного периода времени и принимает значения от «0» до «10». При этом значение показателя, близкое к «10», демонстрирует высокие энергетические показатели безопасности страны, а значения, близкие к «0», соответственно, — низкие.

### Выводы

В настоящей статье рассмотрен вопрос энергетической безопасности, который в настоящее время является одной из важнейших экономических и политических проблем внутренней и внешней политики государства. Авторами на основе известных исследований предложен алгоритм оценки индекса энергетической безопасности страны. Индекс энергетической безопасности может быть использован для проведения исследований по оценке, проводимой государственными структурами политики в области энергетики. Например, данный индекс может учитывать экологические аспекты (снижение выбросов  $CO_2$ ). В настоящий момент данный подход реализуется для оценки и использованию индекса энергетической безопасности на уровне Казахстана.

### Список литературы

- 1 Иватова Л.М. Энергетическая безопасность Республики Казахстан (политологический аспект) / Л.М. Иватова, Н.Т. Уранхаев. — Алматы: Қазақ университеті, 2008. — 250 с.
- 2 Winzer C. Conceptualizing energy security / C. Winzer // Energy policy. — 2012. — № 46. — P. 36–48.
- 3 Cherp A. The concept of energy security: Beyond the four as / A. Cherp, J. Jewell // Energy Policy. — 2014. — № 75. — P. 415–421.

- 4 Månsson A. Assessing energy security: An overview of commonly used methodologies / A. Månsson, B. Johansson, L.J. Nilsson // *Energy*. — 2014. — № 73. — P. 1–14.
- 5 Oda J. Analysis of CCS impact on Asian energy security / J. Oda, K. Akimoto, F. Sano, M. Nagashima, K. Wada, T. Tomoda // *Energy Procedia*. — 2013. — № 37. — P. 7565–7572.
- 6 Воропай Н.И. Энергетическая безопасность. Термины и определения / Н.И. Воропай. — М.: ИАЦ «Энергия», 2005. — 60 с.
- 7 Phdungsilp A. Assessing energy security performance in Thailand under different scenarios and policy implications / A. Phdungsilp // *Energy Procedia*. — 2015. — № 79. — P. 982–987.
- 8 Сенчагов В.К. Инновационные преобразования как императив устойчивого развития и экономической безопасности России / В.К. Сенчагов. — М.: Анкил, 2013. — 688 с.
- 9 Jutamanee Martchamadol, S.Kumar. An aggregated energy security performance indicator / Jutamanee Martchamadol, S.Kumar // *Applied Energy*. — 2013. — № 103. — P. 653–670.
- 10 Федорова Л.А. Методология и инструментарий формирования устойчивого развития наукоемких производств авиационного кластера: автореф. ... д-ра экон. наук: 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством» / Л.А. Федорова. — М., 2015. — 48 с.
- 11 Кондраков О.В. Определение пороговых значений индикаторов энергетической безопасности [Электронный ресурс] / О.В. Кондраков // *Вестн. ТГУ*. — 2013. — № 9 (125). — Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-porogovyh-znacheniy-indikatorov-energeticheskoy-bezopasnosti>.
- 12 Gupta E. Oil vulnerability index of oil importing countries / E. Gupta // *Energy Policy*. — 2008. — № 36. — P. 1195–211.
- 13 Doukas H. Assessing energy sustainability of rural communities using principal component analysis / H. Doukas, T. Papadopoulou, N. Savvakis, T. Tsoutsos, J. Psarras // *Renew Sustainable Energy Review*. — 2012. — № 16. — P. 49–57.
- 14 Школлер Р.А. Энергетическая безопасность Российской Федерации и оптимальная стратегия развития ТЭК в условиях глобализации / Р.А. Школлер. — М.: ГУ-ВШЭ, 2009. — 181 с.
- 15 World Energy Council. *World Energy and Climate Policy: 2009 Assessment*. — P. 25.

Г.М. Аргинбаева, Е. Әмірбекұлы, Н.Т. Сайлаубеков

## Энергетикалық қауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін мемлекеттік басқарудың тиімділігін зерттеудің сандық әдістері

Мақаланың басты мақсаты жеке индикаторларға негізделген энергетикалық қауіпсіздіктің жиынтық көрсеткішін әзірлеу болып табылады. Бұл көрсеткіштер Дүниежүзілік экономикалық кеңестің 1995 ж. әзірлеген энергетикалық қауіпсіздіктің энергетикалық, экономикалық, әлеуметтік және экологиялық аспектілерін көрсетеді. Энергетикалық қауіпсіздік индикаторын дамытудың қағидалары мен әдістемесі сипатталған. Авторлар сондай-ақ негізгі компоненттер әдісі сияқты эконометрикалық талдау мен деректерді өңдеу әдістерінің заманауи әдістерін қолданды. Бұл әдіс энергетикалық қауіпсіздікке әсер ететін индикаторлар тобын анықтауға және олардың тиімділігін бағалау үшін түрлі энергетикалық саясат сценарийлерін пайдалануға мүмкіндік береді. Энергетикалық қауіпсіздік көрсеткіші елдің энергетикалық секторының жағдайын көрсететіндіктен, оның бағалары энергетикалық саясатты және мемлекеттік басқаруды жетілдіруге көмектеседі. Бұл индексті есептеу энергетикалық сектордағы мемлекеттік саясаттың негізгі факторларын көрсететін индикаторларды қамтиды. Осылайша, энергетикалық қауіпсіздіктің индикаторы елдің энергетикалық секторындағы проблемаларды анықтауға көмектеседі және оларды жою жолдарын дамытады. Ол сонымен қатар әртүрлі елдермен салыстырмалы талдау үшін қолданылуы мүмкін, олардың ең жақсы тәжірибелерін пайдалану үшін.

*Кілт сөздер:* энергетикалық қауіпсіздік, мемлекеттік басқару, сандық әдістер, негізгі компоненттік әдіс, энергетикалық қауіпсіздік көрсеткіші, энергия тиімділігі, экология, энергетикалық қарқындылық.

G.M. Arginbayeva, E. Amirbekuly, N.T. Sailaubekov

## Quantitative methods to study the effectiveness of public administration to ensure energy security

The main purpose of this article is to form an aggregated indicator of energy security (IEE) based on individual indicators. These indicators reflect the energy, economic, social and environmental aspects of energy security that were developed in 1995 by the World Economic Council. This article describes the principles and methodology used to develop the energy security indicator, and authors also uses modern methods of econometric analysis and data processing methods, such as the main component method. This method allows determining the group of indicators that have the biggest impact on energy security, and using different scenarios of energy policy to assess their effectiveness. Since the indicator of energy security reflects the state of the



country's energy sector, its assessments will help in improving energy policy and public administration. This is due to the fact that the calculation of this index includes indicators that reflect the main factors of state policy in the energy sector. Thus, the indicator of energy security can help in identifying problems in the energy sector of the country and develop ways to eliminate them. It can also be used for comparative analysis with various countries in order to use their best practices.

*Keywords:* energy security, public administration, quantitative methods, main component method, energy security indicator, energy efficiency, ecology, energy intensity.

## References

- 1 Ivatova, L.M., & Uranhaev, N.T. (2008). *Enerheticheskaja bezopasnost Respubliki Kazakhstan (politologicheskii aspekt) [Energy Security of The Republic of Kazakhstan (political aspect)]*. Almaty: Kazakh University [in Russian].
- 2 Winzer, C. (2012). Conceptualizing energy security. *Energy policy*, 46, 36–48.
- 3 Cherp, A., & Jewell, J. (2014). The concept of energy security: Beyond the four as. *Energy Policy*, 75, 415–421.
- 4 Månsson, A., Johansson, B., & Nilsson, L.J. (2014). Assessing energy security: An overview of commonly used methodologies. *Energy*, 73, 1–14.
- 5 Oda, J., Akimoto, K., Sano, F., Nagashima, M., Wada, K., & Tomoda, T. (2013). Analysis of CCS impact on Asian energy security. *Energy Procedia*, 37, 7565–7572.
- 6 Voropaj, N.I. (2005). *Enerheticheskaja bezopasnost. Terminy i opredeleniia [Energy Security. Terms and Definitions]*. Moscow: IAC «Enerhy» [in Russian].
- 7 Phdungsilp, A. (2015). Assessing energy security performance in Thailand under different scenarios and policy implications. *Energy Procedia*, 79, 982–987.
- 8 Senchagov, V.K. (2013). *Innovatsionnye preobrazovaniia kak imperativ ustoichivoho razvitiia i ekonomicheskoi bezopasnosti Rossii [Innovative transformations as imperative of sustainable development and economic security of Russia]*. Moscow: Ankil [in Russian].
- 9 Jutamanee Martchamadol, S.Kumar. (2013). An aggregated energy security performance indicator. *Applied Energy*, 103, 653–670.
- 10 Fedorova, L.A. (2014). *Metodologhiia i instrumentarii formirovaniia ustoichivoho razvitiia naukoemkikh proizvodstv aviatsionnogo klastera [Methodology and tools for the formation of sustainable development of science-intensive productions of the aviation cluster]*. Moscow [in Russian].
- 11 Kondrakov, O.V. (2013). Opredelenie porogovykh znachenii indikatorov enerheticheskoi bezopasnosti [Determining the threshold values of energy security indicators]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta – Bulletin of Tomsk State University*, 9(125). Retrieved from: <https://cyberleninka.ru/article/n/opredelenie-porogovykh-znacheniy-indikatorov-energeticheskoy-bezopasnosti> [in Russian].
- 12 Gupta, E. (2008). Oil vulnerability index of oil importing countries. *Energy Policy*, 36, 1195–211.
- 13 Doukas, H., Papadopoulou, T., Savvakis, N., Tsoutsos, T., & Psarras, J. (2012). Assessing energy sustainability of rural communities using principal component analysis. *Renew Sustainable Energy Review*, 16, 49–57.
- 14 Shkoller, R.A. (2009). *Enerheticheskaja bezopasnost Rossiiskoi Federatsii i optimalnaia stratehiia razvitiia TEK v usloviakh hlobalizatsii [Energy Security of the Russian Federation and the Optimal Strategy for the Development of the Fuel and Energy Complex in the Context of Globalization]*. Moscow: HU-NShE [in Russian].
- 15 World Energy Council. World Energy and Climate Policy: 2009 Assessment.