

УДК 332.1+504.06

DOI: [10.26102/2310-6018/2024.45.2.007](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2024.45.2.007)

## Модель оценки энерго-экологического развития и безопасности в условиях перехода к устойчивому развитию развивающихся экономик на примере стран БРИКС<sup>1</sup>

Е.Ф. Шамаева✉

*Центр проектирования устойчивого развития институтов гражданского общества  
Государственного университета управления, Москва, Российская Федерация*

**Резюме.** Связь понятий «безопасность» и «развитие» неразрывна, поскольку безопасность – это процесс, а не состояние. Сохранение региональной социально-экономической системы как цель обеспечения безопасности достижимо при хроноцелостном протекании процесса сохранения развития как сегодня, так и в долгосрочной перспективе. В работе излагаются теоретические и методологические основы энергетической потоковой концепции для региональных социально-экономических систем. На основе данной концепции предлагается и тестируется возможность применения комплексной модели оценки энерго-экологического развития и энергетической безопасности в условиях перехода к устойчивому развитию развивающихся экономик на примере группы стран-членов БРИКС (за исключением Эфиопии, Ирана и ОАЭ). В качестве ключевого показателя энергетической безопасности и развития региональной социально-экономической системы вводится технологический обобщенный КПД. Сравнительная оценка экономик стран БРИКС произведена по следующим показателям: технологическая полная мощность, экономическая полная мощность, технологическая полезная мощность, экономическая полезная мощность, отношение технологического КПД к экономическому КПД. В результате анализа установлено, что Египет среди стран БРИКС (за исключением Эфиопии, Ирана и ОАЭ) имеет наибольшие темпы роста технологической полезной мощности. Также по результатам исследования был составлен ранжированный рейтинг энергетической безопасности на примере выборки стран.

**Ключевые слова:** энерго-экологическое развитие, энергетическая безопасность, страны БРИКС, технологический КПД, экономический КПД.

**Благодарности:** Работа выполнена в рамках проекта Центра проектирования устойчивого развития институтов гражданского общества Государственного университета управления.

**Для цитирования:** Шамаева Е.Ф. Модель оценки энерго-экологического развития и безопасности в условиях перехода к устойчивому развитию развивающихся экономик на примере стран БРИКС. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии.* 2024;12(2). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1537> DOI: 10.26102/2310-6018/2024.45.2.007

## Model for assessing energy and environmental development and security in the context of the transition to sustainable development of developing economies on the example of the BRICS countries

E.F. Shamaeva✉

*Center for the Design of Sustainable Development of Civil Society Institutions of the State  
University of Management, Moscow, the Russian Federation*

<sup>1</sup> Страны Эфиопия, Иран и ОАЭ, принятые в БРИКС с 1 января 2024 г., в настоящей статье не рассматриваются.

**Abstract:** The connection between the concepts of “security” and “development” is inextricable, since security is a process, not a state. The preservation of the regional socio-economic system as a goal of ensuring security is achievable if the process of maintaining development proceeds in a chronological manner – both today and in the long term. The paper outlines the theoretical and methodological foundations of the energy flow concept for regional socio-economic systems. Based on this concept, the possibility of applying a comprehensive model of assessing energy and environmental development and energy security in the context of the transition to sustainable development of developing economies is proposed and tested using the example of a group of BRICS member countries (with the exception of Ethiopia, Iran and the UAE). Technological generalized efficiency factor is introduced as a key indicator of energy security and development of the regional socio-economic system. A comparative assessment of the economies of the BRICS countries was carried out according to the following indicators: technological total capacity, economic total capacity, technological useful power, economic useful power, the ratio of technological efficiency to economic efficiency. As a result of the analysis, it was found that Egypt among the BRICS countries (with the exception of Ethiopia, Iran and the UAE) has the highest growth rate of technological useful capacity. Also, based on the results of the study, a ranking of the energy security of various countries was compiled.

**Keywords:** energy and environmental development, energy security, BRICS countries, technological efficiency, economic efficiency.

**Acknowledgments:** The work was carried out within the framework of the project of the Center for Designing Sustainable Development of Civil Society Institutions of the State University of Management.

**For citation:** Shamaeva E.F. Model for assessing energy and environmental development and security in the context of the transition to sustainable development of developing economies on the example of the BRICS countries. *Modeling, optimization and information technology*. 2024;12(2). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1537> DOI: 10.26102/2310-6018/2024.45.2.007 (In Russ.).

## Введение и постановка задач исследования

Научным сообществом сегодня достигнуто понимание, что доминирующие модель и принципы управления в организационных системах порождают дисбалансы между производством продуктов и потреблением природных ресурсов, социальные и технологические кризисы, увеличивают неустойчивость развития и уничтожают природную среду обитания. Переосмысление существующих подходов к управлению поставило вопрос согласования критериев эффективности организационных систем с возможностями природных систем [1]. Нужны новые подходы к решению задач управления в организационных системах, которые обеспечат сбалансированное взаимодействие с природной средой, что, в свою очередь, требует развития измерительного инструментария для комплексной оценки происходящих изменений, в том числе в региональном разрезе.

В настоящей работе объектом исследования является анализ и применение нового измерительного инструментария для построения комплексной модели энергетической безопасности в условиях перехода к устойчивому развитию развивающихся экономик на примере группы стран. Предмет исследования – формирование требований и конструирование интегральных измерителей, отражающих состояние разнородных подсистем. Цель исследования – построение и апробация модели энергетической безопасности развивающихся экономик на примере стран БРИКС.

Исследование опирается на научное направление, связанное с теорией и методологией управления в контексте измеримой взаимосвязи природных и организационных систем в терминах энергетических показателей, именуемое системно-энергетическим подходом [2–4]; данное направление представлено в работах отечественных и зарубежных ученых разных лет.

Выдвигаемая гипотеза: на основе выборки показателей, характеризующих состояние природных и социально-экономических процессов, возможно построение модели, объективно описывающей безопасность и развитие регионов в контексте системно-энергетических процессов, связывающих природные и социально-экономические явления.

### Теоретические подходы к построению модели

В настоящее время происходит становление энерго-эколого-экономической модели безопасности и развития в региональной практике. Чтобы быть готовыми к критическим периодам, необходимо понимать тенденции развития, которые лежат за пределами исследуемой системы. Иными словами, понимать важные принципы и закономерности развития глобальной системы. Ключевыми из этих принципов являются сформулированные академиком В.И. Вернадским – принципы эволюции живой и косной материи [5], которые дают четкую классификацию возможных изменений, определяя развитие как рост потока свободной энергии системы (или полезной мощности). В любой системе имеет место нарастание (накопление) полезной мощности и ее диссипация (рассеивание). Вопрос в том, какой процесс доминирует в данное время. Доминирование полезной мощности системы при неувеличении ресурсов извне связано с развитием [4].

При этом развитие будет неустойчивым, если оно не является хроноцелостным, то есть имеет место ситуация, когда в течение одного периода развитие (рост мощности) сохраняется, а в течение другого – нет.

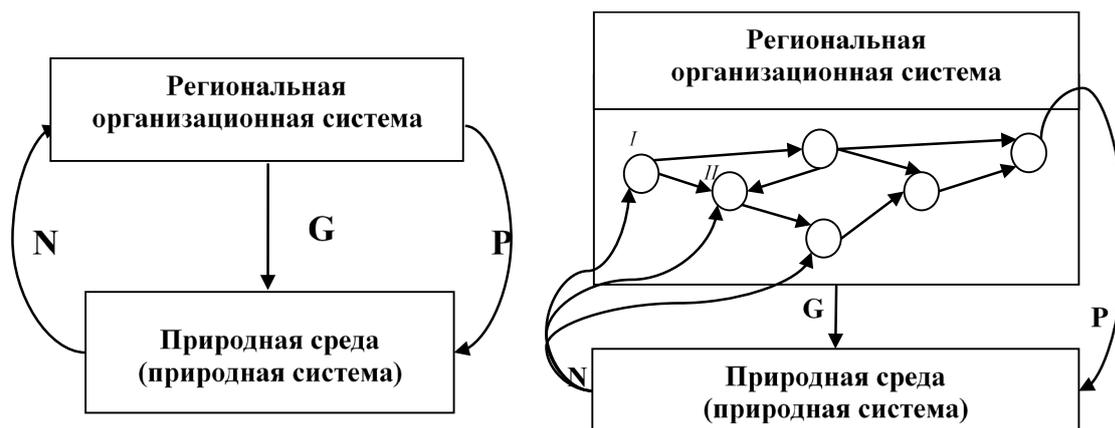
Анализ проблемной ситуации показал, что при управлении региональными организационными системами необходимо учитывать взаимосвязь с природными системами. Эта взаимосвязь может быть описана с использованием закономерности преобразования энергии.

**Закономерность преобразования энергии** (С.А. Подолинский (1880 г.), П.Г. Кузнецов (1968 г.), А.Е. Петров (1998 г.), Б.Е. Большаков (2000 г.)) формализует взаимосвязь с природными системами, утверждая, что в процессе взаимодействия с природной средой организационная система получает в свое распоряжение определенное количество ресурсов ( $N$ ), которое через определенное время с определенной эффективностью преобразуется в совокупный произведенный продукт ( $P$ ) (Рисунок 1). При этом образуются отходы производства и потребления, характеризующие совокупную антропогенную нагрузку на природную среду (природную систему) от хозяйственной деятельности ( $G$ ).

Построение связанных динамических разноуровневых моделей, моделирование различных ситуаций, и особенно конфликтных, осуществляется с целью обеспечения аппарата управления научно-техническим инструментом, позволяющим оценивать последствия принимаемых решений. Например, в научных целях США, Японии, Германии, Великобритании, Франции, Швеции разработано порядка 70 моделей и систем, предназначенных для анализа и прогнозирования проблемных ситуаций (это системы ДОН, ВЕЙС, КаСКОН, КаСИС, ПАРА, ФЕЙМ и другие), в том числе модели Месаровича / Пестеля (США) [6], Я. Тинбергена (Голландия) [7] и др.

Основным недостатком этих моделей и систем является отсутствие объективного критерия, позволяющего оценивать последствия принимаемых решений в соответствии с законами естественно-исторического развития общества [4].

В этой связи для построения комплексной суверенной модели оценки энергетической безопасности и регионального развития предлагается подходить с позиции системно-энергетического анализа.



а) на уровне региональной организационной системы в целом

a) at the level of the regional organizational system as a whole

б) на уровне отдельных организационных систем

b) at the level of individual organizational systems

Рисунок 1 – Схема взаимосвязи природных и организационных систем на основе закономерности преобразования энергии

Figure 1 – A diagram of the relationship between natural and organizational systems based on the regularity of energy conversion

### Методологические подходы к построению модели

Сущностью любых социально-экономических региональных систем является взаимодействие общественных и природных подсистем, которые, в свою очередь, представляют собой сложную сеть потоков двух видов – природных и общественных ресурсов. Эти потоки связаны между собой, оказывают взаимное воздействие, влияют на развитие системы в целом. Любая социально-экономическая система не может существовать без взаимодействия с окружающей ее природной средой (в этом смысле является открытой и динамичной) и объединяет в себе два сопряженных процесса: активный поток воздействий на окружающую среду, определяющий возможности системы, и использование потока ресурсов, полученного в результате этого воздействия, для удовлетворения ее потребностей [1, 4].

Интерес связи производства и распределения потоков энергии с развитием социально-экономических систем можно проследить в работах Ф. Кенэ [8], У.С. Джевонса [9], С.А. Подолинского [10], В.И. Вернадского [5], Г. Одума [11], П.Г. Кузнецова [12]. Можно вспомнить энергопроизводственные циклы, предложенные Н.Н. Колосовским [13] и развитые в работах Т.М. Калашниковой [14], М.Д. Шарыгина [15] и др. Также выделим отдельно научную школу, сформировавшуюся вокруг «энергетической» концепции (англ. *energy*, сокращение от **embodied energy**) вышеупомянутого Говарда Т. Одума и разработавшую индекс энергетической устойчивости (ESI), который рассчитывается как отношение коэффициента использования эмергии (EYR, *energy yield ration*) к коэффициенту нагрузки на окружающую среду (ELR, *environmental loading ratio*).

Потоки свободной энергии в процессе производства воплощаются в продукции и составляют основу любого вида деятельности. Поэтому энергетические меры могут адекватно отражать социально-экономические процессы развития, дополняя применение других мер [2, 3, 4, 10].

Закономерность преобразования энергии устанавливает, что потребляемые ресурсы представляются как сумма совокупного произведенного продукта и совокупных потерь:

$$N(t) = P(t) + G(t), \quad (1)$$

$$P(t) = N(t) \cdot \eta(t) \cdot \varepsilon(t),$$

где  $N(t)$  – суммарные потребляемые природные ресурсы или полная мощность;  $P(t)$  – совокупный произведенный продукт или полезная мощность;  $G(t)$  – совокупные потери производства и потребления или мощность потерь;  $\eta(t)$  – обобщенный коэффициент совершенства технологий<sup>2</sup>;  $\varepsilon(t)$  – коэффициент качества планирования;  $\varphi(t) = \eta(t) \cdot \varepsilon(t) = P(t) / N(t)$  – эффективность использования природных ресурсов.

Из уравнения (1) следует, что уменьшение мощности потерь может быть достигнуто (при постоянстве полной мощности) за счет обеспечения роста эффективности использования природных ресурсов системы на основе повышения обобщенного коэффициента совершенства технологий и / или коэффициента качества планирования.

Таким образом, можно выделить показатели состояния региональной социально-экономической системы (Таблица 1), характеризующие взаимосвязь природных и социально-экономических процессов.

Таблица 1 – Показатели региональной социально-экономической системы  
Table 1 – Indicators of the regional socio-economic system

Показатель	Обозначение	Формула
Суммарное потребление природных ресурсов (полная мощность системы)	$N(t)$	$N(t) = \sum_j^k \sum_{i=1}^3 N_{ij}(t)$ <p><math>N_{j1}(t), N_{j2}(t) \dots N_{j3}(t)</math> – суммарное потребление <math>j</math>-го объекта <math>i</math>-го ресурса</p>
Совокупный произведенный продукт без учета обменов с внешней средой (технологическая полезная мощность)	$P(t)$	$P(t) = \sum_{i=1}^{n=3} N_i(t) \cdot \eta_i(t)$
Мощность потерь	$G(t)$	$G(t) = N(t) - P(t)$
Технологический обобщенный КПД (ТОКПД)	$\varphi(t)$	$\varphi(t) = N(t) / P(t)$

Поток на входе в систему ( $N$ ) – суммарное потребление природных энергоресурсов (нефть, газ, уголь). При расчете суммарного потребления природных ресурсов учитывается добыча топлива (нефть, газ), производство электроэнергии внутри социально-экономической системы (страны).

<sup>2</sup> Обобщенный коэффициент совершенства технологий — это обобщенный КПД технологических систем или средний коэффициент полезного действия машин и механизмов, соответствующий технической скорости выпуска продукции. Расчеты показали, что обобщенный коэффициент совершенства технологий в производстве топлива и электроэнергии (для машин и технологических процессов) находится в диапазоне 0,25–0,28 и 0,8–0,95 соответственно. Расчет коэффициента осуществляются на основе анализа топливно-энергетических балансов и специализированной статистики.

Поток суммарного потребления природных энергоресурсов преобразуется с определенной эффективностью в технологическую полезную мощность (без учета обменов с внешней средой). Технологическая полезная мощность ( $P$ ), воплощаемая в полезный продукт (работы, товары, услуги), является энергетическим эквивалентом ВВП страны.

Ключевым показателем энергетической безопасности и развития региональной социально-экономической системы является ТОКПД, рассчитываемый отношением суммарного потребления природных энергоресурсов без учета обменов с внешней средой ( $N$ ) к технологической полезной энергии ( $P$ ) как результату преобразования потребляемых энергоресурсов в целостной хозяйственной системе.

С другой стороны, социально-экономическая система является открытой динамической системой, обменивается потоками ресурсов, обменивается потоками энергии с внешней средой, поэтому необходимо учитывать качество управления обменами с внешней средой (учет экспортно-импортных операций), а именно обмен энергетическими товарами (нефть, электроэнергия), что позволяет уточнить введенные показатели (Таблица 1), которые с учетом обменов с внешней средой можно назвать «экономическими»: «экономическая» полная мощность системы, «экономическая» полезная мощность, «экономический» обобщенный КПД, учитывающие как технологическое развитие, так и качество управления обменами с внешней средой.

Таким образом, вводятся интегральный показатель «энергетическая безопасность социально-экономической системы» – как отношение технологического и экономического обобщенных КПД. Определяет технологические возможности производства товаров и услуг за счет собственных энергетических ресурсов и представляет собой энергетическую обеспеченность экономики страны как целостной хозяйственной системы. Характеризует энергетический суверенитет страны, то есть независимость от энергетических обменных процессов с внешней средой.

## Результаты

Рассмотрим результаты оценки энергетической безопасности развивающихся экономик на примере межгосударственного объединения стран с динамично развивающейся экономикой (БРИКС), включая Бразилию, Россию, Индию, КНР, ЮАР, а также Египет, который стал участником объединения с 1 января 2024 г. Рассмотрение произведем в контексте анализа устойчивости и энергетической безопасности новой страны (Египта) в составе межгосударственного объединения БРИКС (экономики Эфиопии, Ирана и ОАЭ, также принятых в организацию с 1 января 2024 г., в настоящей статье не рассматриваются).

Для расчета энергетической безопасности и построения рейтинга стран БРИКС (за вышеуказанными исключениями, которые далее по тексту статьи подразумеваются под аббревиатурами БРИКС/BRICS без специальной оговорки) собрана статистическая база:

- потребление и производство нефти, газа, угля; генерация электроэнергии, в т. ч. по источникам (нефть, газ, уголь, гидро, возобновляемые, иные); баланс экспорта-импорта нефти, газа, угля; цены на нефть, газ, уголь;
- экспорт, импорт товаров и услуг, население стран мира;
- цены на электрическую энергию;
- экспорт и импорт нефти, газа, электрической энергии; потери электроэнергии при передаче и распределении.

В работе обмен энергетическими товарами (нефть, электроэнергия) учитывается напрямую в энергетических единицах. Расчеты проведены в единицах энергии, однако

перевод в единицы мощности осуществляется автоматически исходя из позиции, что мощность есть поток энергии, энергия в единицу времени (для страны за год).

Проведенные расчеты представлены в таблицах и на рисунках ниже.

Таблица 2 – Суммарное потребление природных ресурсов (технологическая полная мощность системы), ТВт·час

Table 2 – Total consumption of natural resources (technological full power of the system), TW·hour

	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Brazil	1269	2048	2452	2505	2612	2581	2738	2819	2828
Russian Federation	11612	14974	15665	15994	16596	17231	17407	16140	17201
South Africa	1683	1936	1907	1924	1914	1927	1925	1856	1786
China	11823	26995	31040	29599	30739	32423	33743	34440	36683
India	3009	4848	5370	5456	5567	5888	5843	5735	6154
Egypt	746	1158	1036	1000	1071	1182	1235	1159	1246
<b>Среднее значение по странам мира</b>	<b>1647</b>	<b>2137</b>	<b>2375</b>	<b>2360</b>	<b>2404</b>	<b>2501</b>	<b>2531</b>	<b>2429</b>	<b>2527</b>
<b>Суммарное значение по группе стран BRICS</b>	<b>29396</b>	<b>50800</b>	<b>56434</b>	<b>55477</b>	<b>57428</b>	<b>60050</b>	<b>61656</b>	<b>60990</b>	<b>64652</b>
<b>Суммарное значение по группе стран BRICS с Египтом в составе</b>	<b>30143</b>	<b>51959</b>	<b>57470</b>	<b>56477</b>	<b>58498</b>	<b>61232</b>	<b>62891</b>	<b>62149</b>	<b>65898</b>

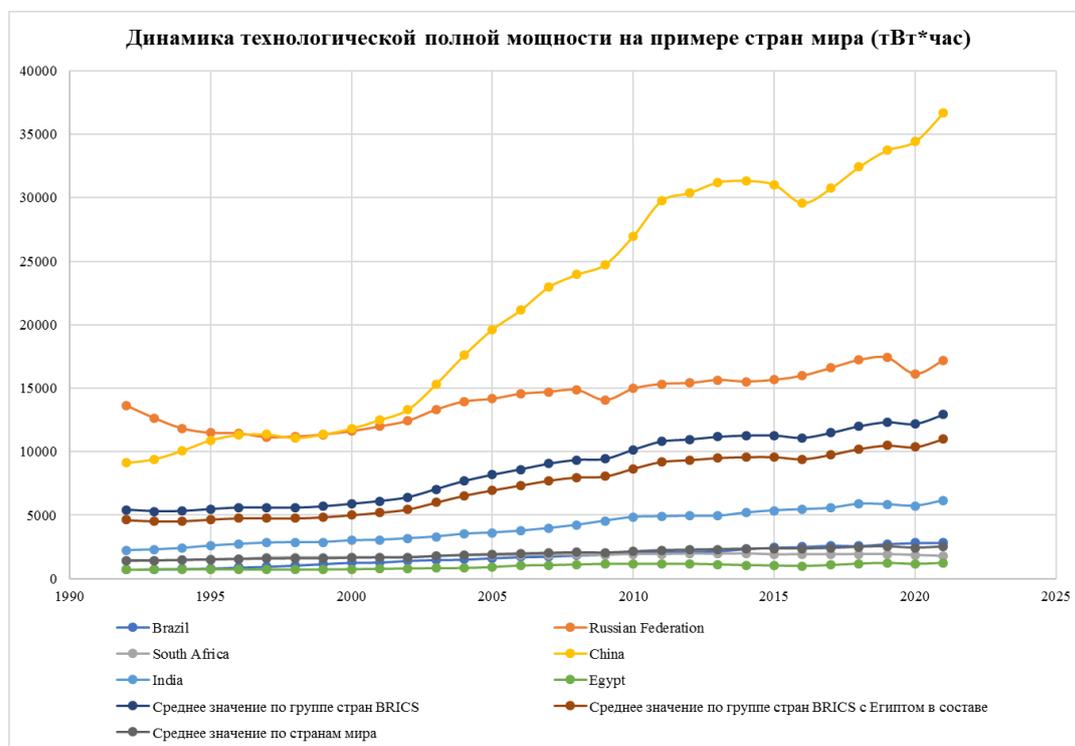


Рисунок 2 – Динамика технологической полной мощности на примере стран БРИКС  
Figure 2 – Dynamics of technological total capacity using the example of the BRICS countries

Расчеты показали, что технологическая полная мощность Египта по сравнению с другими странами БРИКС не высока (1 246 ТВт·час в 2021 г., что сопоставимо с ЮАР и ниже среднего значения по странам мира 2 527 ТВт·час). При этом суммарное значение технологической полной мощности стран БРИКС с новым участником (Египет) увеличивается и составляет 65 898 ТВт·час, увеличивая тем самым возможности производства товаров, продуктов и услуг за счет собственных ресурсов межгосударственного объединения БРИКС на 2% (расчет на 2021 г.).

Таблица 3 – Суммарное потребление природных ресурсов с учетом обменов с внешней средой (экономическая полная мощность системы), ТВт·час

Table 3 – Total consumption of natural resources, taking into account exchanges with the external environment (economic total power of the system), TW·hour

	<b>2000</b>	<b>2010</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>
Brazil	1440	2127	2545	2500	2566	2528	2672	2721	2776
Russian Federation	10068	12586	12715	12824	13298	14004	14114	12883	13893
South Africa	1591	1818	1773	1800	1716	1704	1876	1759	1666
China	11956	28514	33311	32340	33788	35767	37355	38370	40446
India	3400	5896	6950	7371	7355	7773	7681	7507	7992
Egypt	708	1080	1028	1032	1099	1196	1225	1140	1236
<b>Среднее значение по странам мира</b>	<b>1652,12</b>	<b>2145,73</b>	<b>2372</b>	<b>2352</b>	<b>2397</b>	<b>2494</b>	<b>2523</b>	<b>2407</b>	<b>2500</b>
<b>Суммарное значение по группе стран BRICS</b>	<b>28456</b>	<b>50941</b>	<b>57293</b>	<b>56836</b>	<b>58723</b>	<b>61777</b>	<b>63699</b>	<b>63240</b>	<b>66772</b>
<b>Суммарное значение по группе стран BRICS с Египтом в составе</b>	<b>29164</b>	<b>52021</b>	<b>58322</b>	<b>57869</b>	<b>59822</b>	<b>62973</b>	<b>64924</b>	<b>64381</b>	<b>68009</b>

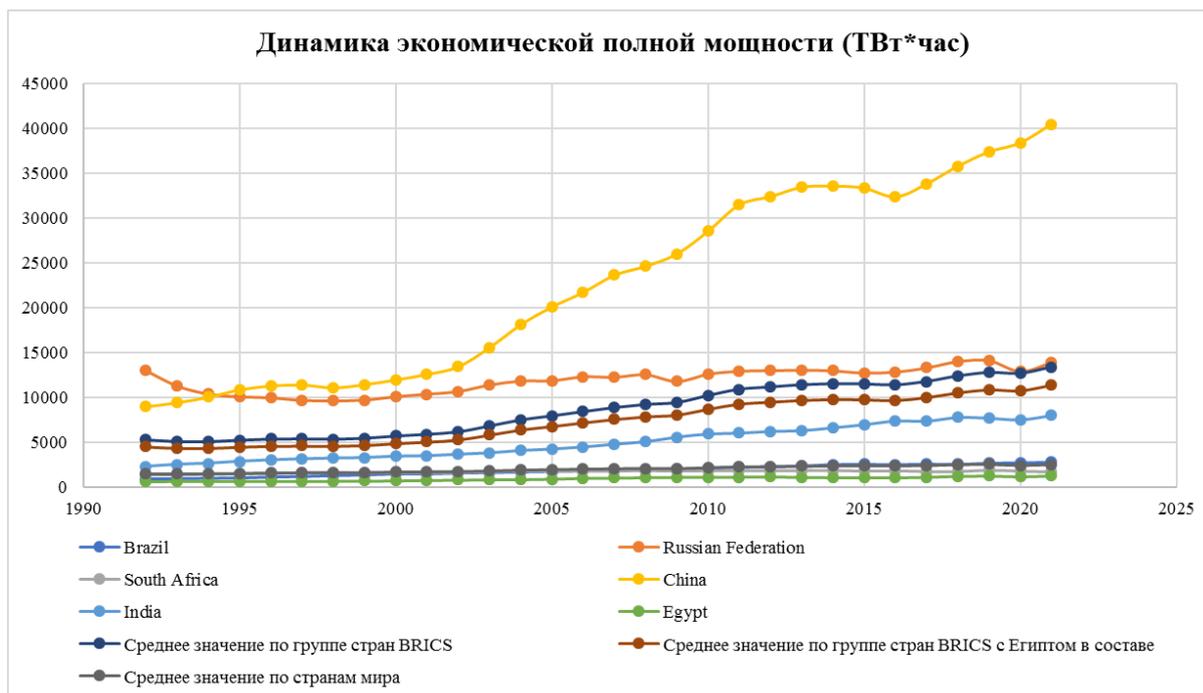


Рисунок 3 – Динамика экономической полной мощности на примере стран БРИКС  
Figure 3 – Dynamics of economic full power using the example of the BRICS countries

На основе представленной методики проведен анализ суммарного потребления природных ресурсов с учетом обменов с внешней средой (экономическая полная мощность системы), который показал, что по этому показателю Египет имеет наибольшие темпы роста, сложившиеся за 2020-2021 годы, среди стран, входящих в состав межгосударственного объединения БРИКС. За 2020-2021 годы сложились следующие годовые темпы роста суммарного потребления природных ресурсов с учетом обменов с внешней средой (Таблица 3): Бразилия – 2%; Россия – 7,84%; Индия – 6,46%, КНР – 5,41%; в ЮАР сложились отрицательные темпы со значением 5,3%, тогда как в Египте годовые темпы роста суммарного потребления природных ресурсов с учетом обменов с внешней средой составили более 8%. Приведенные данные свидетельствуют о повышении энергетической безопасности в условиях перехода к устойчивому развитию развивающихся экономик на примере стран БРИКС с учетом вхождения новой страны (Египет) в состав межгосударственного объединения.

При этом среднее значение экономической полной мощности по странам, входящим в состав БРИКС, с учетом обмена с внешней средой (экспортно-импортные операции, связанные с обменом энергетическими товарами (нефть, электроэнергия)), в группе стран БРИКС, начиная с 2010 года, превышает технологическое значение (Рисунок 4), что говорит об эффективном партнерстве в рамках объединения стран и положительной динамике энергетической безопасности, позволяющей производить товары, продукты и услуги за счет собственных энергетических ресурсов группы стран.



Рисунок 4 – Сравнение технологической и экономической полной мощности  
Figure 4 – Comparison of technological and economic total power

Анализ совокупного произведенного продукта без учета обменов с внешней средой (технологическая полезная мощность) показал, что у большинства входящих в состав БРИКС стран значение показателя выше среднемирового значения. Значения на 2021 год составили (Таблица 4): Бразилия – 1 298 ТВт·час; Россия – 6 862 ТВт·час; Индия – 1 909 ТВт·час, КНР – 14 006 ТВт·час; ЮАР – 636 ТВт·час; Египет – 412 ТВт·час; среднее значение по странам мира – 988,1 ТВт·час. За 2020-2021 годы средние темпы роста технологической полезной мощности по группе стран БРИКС составляют 6,2%, что выше среднего значения по странам мира (4,2%). При этом Египет среди стран БРИКС имеет наибольшие темпы роста технологической полезной мощности. Это свидетельствует о положительной тенденции и динамике роста производства востребованных товаров, продуктов и услуг за счет собственных энергетических ресурсов группы стран.

Таблица 4 – Совокупный произведенный продукт без учета обменов с внешней средой (технологическая полезная мощность), ТВт·час

Table 4 – Total produced product excluding exchanges with the external environment (technological useful power), TW·hour

	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Brazil	586	955	1092	1150	1194	1209	1279	1321	1298
Russian Federation	4061	5588	6029	6211	6490	6779	6891	6435	6862
South Africa	531	637	656	670	673	679	686	667	636
China	3917	9375	11257	10811	11295	11995	12673	13059	14006
India	819	1473	1600	1611	1651	1765	1783	1780	1909

Таблица 4 (продолжение)  
Table 4 (continued)

Египт	246	389	326	303	334	379	405	380	412
<b>Среднее значение по странам мира</b>	<b>572</b>	<b>776</b>	<b>888,4</b>	<b>891,5</b>	<b>914,9</b>	<b>958,5</b>	<b>980,3</b>	<b>948</b>	<b>988,1</b>
<b>Суммарное значение по группе стран BRICS</b>	<b>9913</b>	<b>18028</b>	<b>20633</b>	<b>20453</b>	<b>21304</b>	<b>22426</b>	<b>23312</b>	<b>23262</b>	<b>24711</b>
<b>Суммарное значение по группе стран BRICS с Египтом в составе</b>	<b>10159</b>	<b>18417</b>	<b>20959</b>	<b>20755</b>	<b>21639</b>	<b>22805</b>	<b>23717</b>	<b>23642</b>	<b>25123</b>

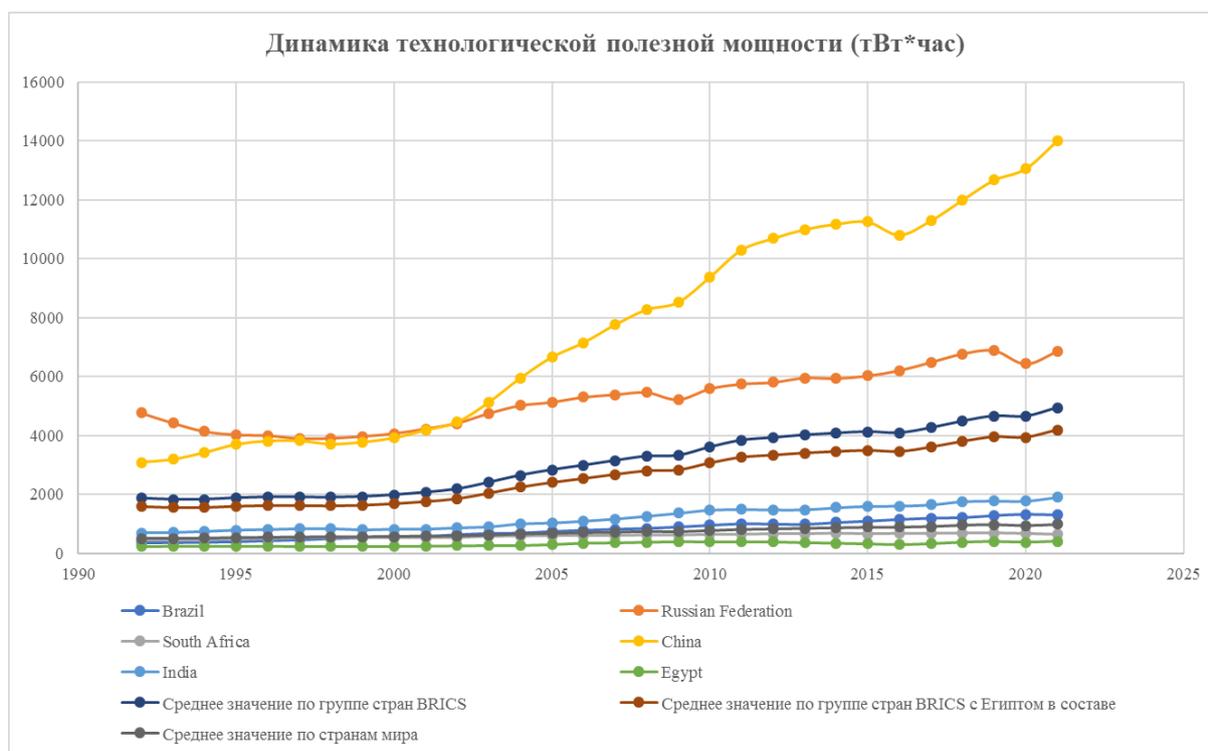


Рисунок 5 – Динамика технологической полезной мощности на примере стран БРИКС  
Figure 5 – Dynamics of technological useful capacity using the example of the BRICS countries

С учетом обменов с внешней средой совокупный произведенный продукт (экономическая полезная мощность) у группы стран БРИКС демонстрирует положительную динамику со средним ростом за 2020-2021 годы в 5% (Таблица 5, Рисунок 7). При этом внутри стран, входящих в состав БРИКС, выделены страны с отрицательными темпами за 2020-2021 годы (ЮАР), тогда как темпы роста показателя у Египта сопоставимы с темпами роста того же показателя у России (значения за 2020-2021 годы: Россия – 11,8%; Египет – 11,4%; среднее значение по странам мира – 3,77%).

Таким образом, Египет показывает тенденцию перехода к устойчивому развитию развивающихся экономик.

Совокупный произведенный продукт с учетом обменов с внешней средой с 2010 года по группе стран БРИКС превышает технологическую полезную мощность (Рисунок 8), что свидетельствует о росте взаимовыгодных экономических отношений стран группы БРИКС.

Таблица 5 – Совокупный произведенный продукт с учетом обменов с внешней средой (экономическая полезная мощность), ТВт·час

Table 5 – Total produced product, taking into account exchanges with the external environment (economic net power), TW·hour

	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Brazil	757	1033	1185	1146	1149	1156	1213	1224	1246
Russian Federation	2518	3201	3078	3041	3193	3551	3598	3177	3553
South Africa	439	519	522	547	474	457	637	571	517
China	4050	10894	13528	13553	14345	15339	16285	16990	17768
India	1209	2521	3180	3526	3439	3650	3621	3552	3747
Egypt	207	311	318	335	363	392	395	361	403
<b>Среднее значение по странам мира</b>	<b>577,13</b>	<b>784,79</b>	<b>885,66</b>	<b>883,18</b>	<b>907,37</b>	<b>951,28</b>	<b>972,27</b>	<b>926,45</b>	<b>961,38</b>
<b>Суммарное значение по группе стран BRICS</b>	8973	18168	21493	21812	22600	24153	25355	25513	26831
<b>Суммарное значение по группе стран BRICS с Египтом в составе</b>	9180	18479	21811	22147	22963	24545	25750	25874	27233

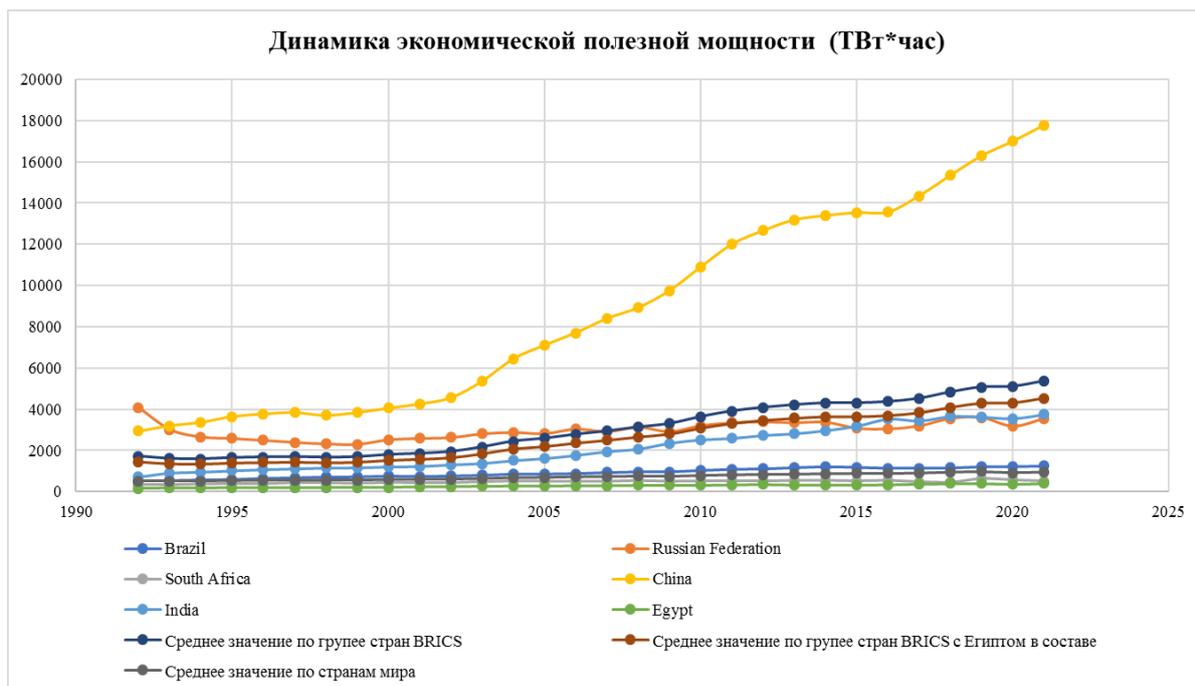


Рисунок 6 – Динамика экономической полезной мощности на примере стран БРИКС  
Figure 6 – Dynamics of economic useful capacity using the example of the BRICS countries

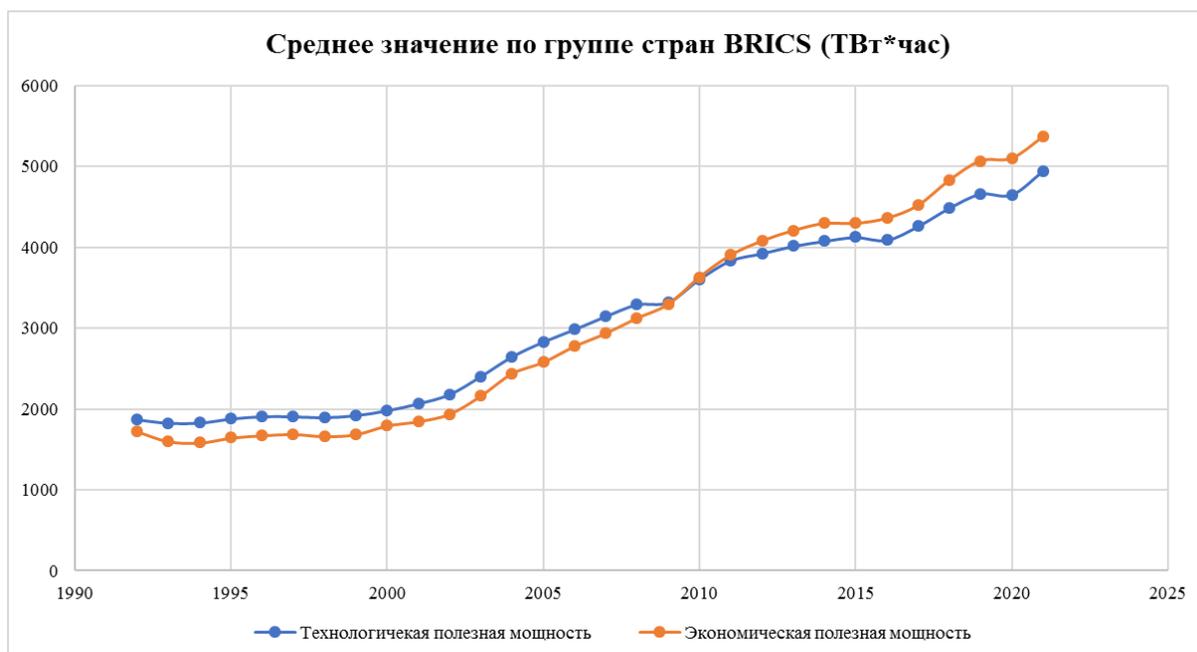


Рисунок 7 – Сравнение технологической и экономической полезной мощности  
Figure 7 – Comparison of technological and economic useful power

На основе собранных данных рассчитан ТОКПД как отношение суммарного потребления природных энергоресурсов без учета обменов с внешней средой к технологической полезной энергии как результату преобразования потребляемых энергоресурсов. Соответственно рассчитан экономический обобщенный КПД (ЭОКПД) группы стран как отношение суммарного потребления природных ресурсов с учетом обменов с внешней средой (экономическая полная мощность) к экономической полезной мощности. Расчеты произведены на основе данных, представленных в Таблицах 2-5.

При этом анализ данных по странам мира за последние 10 лет показал, что технологический обобщенный КПД имеет большие разрывы. Размах изменений составляет от одной десятой (0,1) до девяноста шести сотых (0,96). При этом технологический обобщенный КПД большинства стран мира находится в диапазоне значений от 0,35 до 0,45.

Отношение технологического и экономического обобщенных КПД представляет собой интегральный показатель «энергетическая безопасность» (Рисунок 8).



Рисунок 8 – Сравнение технологического и экономического КПД  
Figure 8 – Comparison of technological and economic efficiency

Показатель «энергетическая безопасность» показывает запас технологических возможностей производства продуктов, товаров и услуг за счет собственных энергетических ресурсов независимо от энергетических обменных процессов с внешней средой. На 2021 год значения по странам БРИКС распределились (Рисунок 10): Бразилия – 1,04; Россия – 1,93; Индия – 0,51; КНР – 0,79; ЮАР – 1,23; Египет – 1,02; среднее значение по странам мира на 2021 год – 1,22. Приведенные данные подтверждают энергетическую безопасность и экономическую устойчивость стран в рамках межгосударственного объединения стран БРИКС, подтверждает взаимовыгодные позиции новых стран (Египет) для вхождения в состав БРИКС.

### Обсуждение

Проанализировано 65 стран с динамикой показателей с 1992 по 2021 годы (статистика собрана для более 100 стран, однако работа со статистикой показывает явные ошибки (например, нулевые или отрицательные значения абсолютных показателей), поэтому эти данные из выборки были удалены).

Расчеты показали, что годовые темпы прироста технологического обобщенного КПД у России, США и Китая за период с 2001 по 2021 год практически одинаковые и составляли в среднем семь процентов. При этом нулевые – в последний год (2020-2021 года). Это хорошо видно на графике, где лидером является Норвегия со значением 0,44 (тогда как у России 0,4, а США достигло значения 0,39 – это уровень ТОКПД Норвегии 2001 года).

Составлен рэнкинг по неустойчивости социально-экономического развития с учетом международных обменов (на основе экономического обобщенного КПД). Это

инверсный (перевернутый) рэнкинг устойчивости. Расчеты показали, что за последние годы большинство стран потеряли свою устойчивость. Переломным годом стал 2015 год.

В 2015 году, например, США обогнали Китай по устойчивости социально-экономического развития с учетом международных обменов. Продолжает расти, тогда как у КНР, с одной стороны, теряется стабильность международных обменов, с другой темпы роста устойчивости у КНР резко возросли. К сожалению, открытая, доступная нам статистика за 2022 год, возможно, будет представлена только во втором квартале 2024 года. При этом у Норвегии и России в 2020 году нулевые, а в 2021 году – отрицательные темпы устойчивости свидетельствуют о возможных резких рывках как в отрицательную, так и в положительную сторону.

И, наконец, составлен рэнкинг по энергетической безопасности. Россия по энергетической безопасности занимает: 2001 год – 18 место; 2015 год – 13 место; 2020 и 2021 годы – 14 место. США по этому же показателю: 2001 год – 38 место; 2015 год – 30 место; 2020 год – 28 место; 2021 год – 24 место. Китай, 2001 год – 28 место; 2015 год – 33 место; 2020 и 2021 годы – 32 место.

У озвученных стран темпы роста показателя энергетической безопасности с 2015 года резко упали, кроме двух стран, это США и Китай (при этом темпы роста у стран почти сравнялись 2,6 и 3,9 процента).

При этом, если сравнить совокупный уровень жизни в энергетическом выражении у США, России и Китая, то можно увидеть параллельные тенденции и достаточный разрыв в уровне жизни между странами. В России уровень жизни в полтора раза выше, чем в США и почти в пять раз выше, чем в КНР (это на 2021 год). Тогда как совокупный уровень жизни в энергетическом выражении в США в 3 раза выше, чем в КНР. С 2005 по 2010 год можно увидеть обратный спад / рост у России (рост) и США (спад) по этому показателю (Рисунок 9).

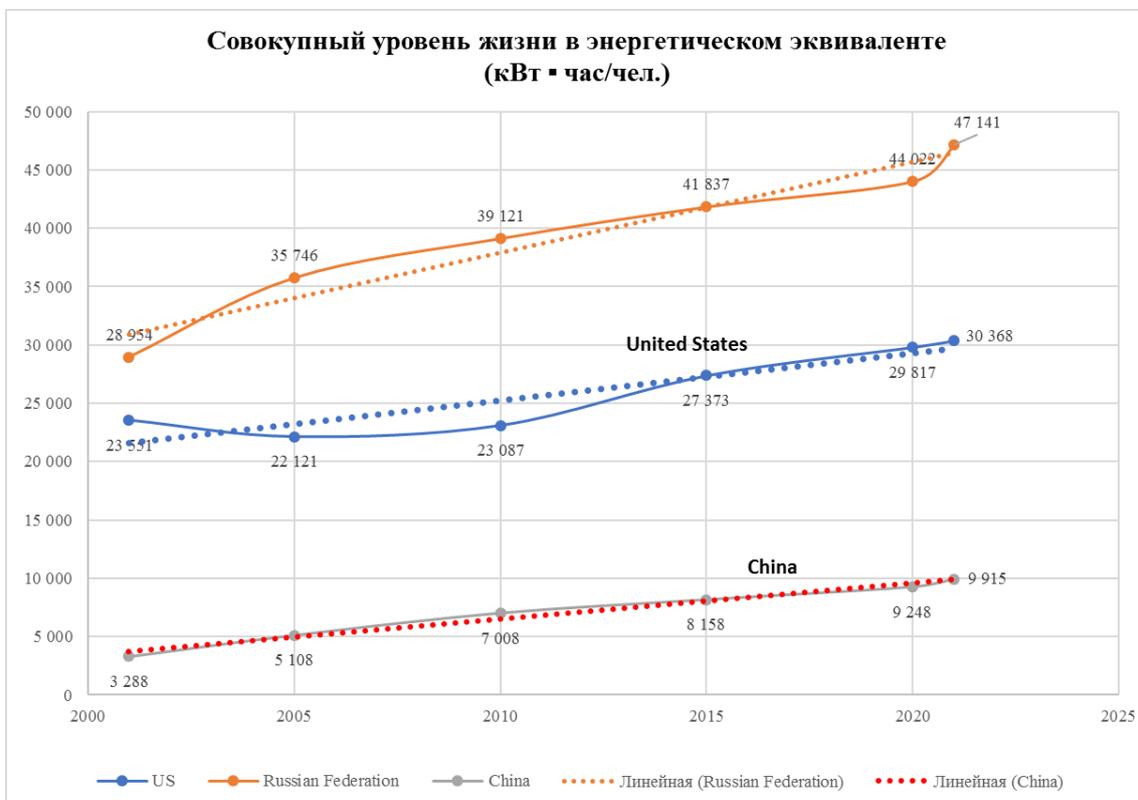


Рисунок 9 – Совокупный уровень жизни в энергетическом эквиваленте  
 Figure 9 – Aggregate standard of living in energy equivalent

На основе ретроспективного анализа представлен простой прогноз до 2035 года энергетического суверенитета стран мира (с учетом сложившейся динамики 65 стран).

Анализ показал новую картину мест:

- Россия, 2025 год – 14 место и 2035 год – 9 место.
- США, 2025 год – 21 место и 2035 год – 16 место
- КНР, 2025 год – 32 место и 2035 год – 34 место.

### Заключение

Сложившаяся в мире сложная кризисная ситуация в сфере энерго-экологического развития ставит перед научным сообществом задачу разработки теоретических и методологических положений на основе измеряемых величин или измерителя, который был бы изначально адекватен для описания природных систем, и при этом был бы в достаточной степени применим для оценки социально-экономических явлений.

Физико-экономическим (природно-физическим) законом, действующим в хозяйственной жизни, в экономике является закон сохранения потока энергии (мощности). Очевидно, что энергетический потоковый анализ экономики необходим, когда стоимостные показатели становятся все более неопределенными, тогда физико-экономические мощностные показатели составляют фундаментальную основу для планирования развития на больших интервалах времени, формируя систему показателей, отражающую реальные процессы в экономике в условиях неопределенности и рисков.

В процессе производства энергетические потоки преобразуются, воплощаются в продукции и составляют основу любого вида деятельности. Поэтому энергетические меры могут адекватно отражать социально-экономические процессы развития, дополняя применение других мер.

Для решения этой задачи в рамках системно-энергетического подхода<sup>3</sup> составлены уравнения взаимосвязи денежных и энергетических измерителей на основе модели мощности валют и линейки мер, связывающие денежную массу и количество произведенного продукта, товаров, услуг. Это позволяет устанавливать: баланс между меновой и потребительной стоимостью; условия вхождения и выхода из экономического кризиса; балансы в системе «производство – окружающая среда».

Из чего складывается стоимость любого продукта? Из стоимости сырья, производящего оборудования, прочих затрат и стоимости человеческого труда. Все это можно выразить в единицах мощности. Мощность – неотъемлемое содержание любого действия, процесса, производства от выпуска автомобиля до написания книги, единая основа любой деятельности, что дает основание предложить кВт или кВт·час как универсальную меру для расчета стоимости.

При неэквивалентности обмена с внешней средой ЭОКПД может существенно отличаться от ТОКПД. Например, для России: ЭОКПД равен 0,26 на 2021-й год при ТОКПД равном 0,40.

Интересно оценить, как повлиял неэквивалентный обмен России на уровень жизни в США. Только за счет внешней торговли России в валютную зону доллара США произведен переток дополнительных объемов полезной мощности в размере более 270 ГВт.

---

<sup>3</sup>Работы Побиска Георгиевича Кузнецова и его научной школы (1968 – 2024 гг.). См.: Кузнецов П.Г. Возможности энергетического анализа основ организации общественного производства. В сб.: Эффективность научно-технического творчества. М. Наука. 1968. с. 133-162.; Большаков Б.Е. Основы теории развития системы общественное производство - природная среда с использованием измеримых величин: дис. ... д-ра техн. наук. Дубна, 2000. 364 с. и другие.

Как следует из приведенных данных, из-за неэквивалентного обмена ВВП России в энергетическом эквиваленте сократился в 1,87 раза, а США – увеличился в 1,31 раза.

По причине неэквивалентности международной торговли уровень жизни в России в 2018-м году составил лишь 53% от потенциально возможного. При этом в США уровень жизни благодаря только России оказался на 31% выше, чем позволяют собственные возможности.

Приведенные расчеты остро ставят задачу обеспечения безопасности и устойчивого развития страны. Представленная методика позволяет дать объективные ответы на трансформацию мировых социально-экономических процессов через распределение энергетических потоков в экономиках стран мира. Позволяет определять резервы стратегического развития России и возможности по обеспечению социально-экономического и технологического суверенитета. Направлена на повышение эффективности государственного управления с учетом эквивалентности экспортно-импортных операций международного обмена. Дает возможность сравнить совокупный уровень жизни населения стран мира в объективной шкале через совокупное производство товаров и услуг в энергетических измерителях.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Bolshakov B.Ye., Karibaev A., Shamaeva E.F. Introduction to the theory of management of novations with the use of spatiotemporal measures. In: *International Conference of Numerical Analysis and Applied Mathematics (ICNAAM): AIP Conference Proceedings, 13-18 September 2018, Rhodes, Greece*. AIP Publishing; 2019. P. 200009. <https://doi.org/10.1063/1.5114190>.
2. Кузнецов П.Г. *Наука развития Жизни. Т. 3. Правильное применение закона*. Москва: Российская академия естественных наук; 2015. 560 с.  
Kuznetsov P.G. *Nauka razvitiya Zhizni. T. 3. Pravil'noe primeneniye zakona*. Moscow: Russian Academy of Natural Sciences; 2015. 560 p. (In Russ.).
3. Кузнецов П.Г. *Наука развития Жизни. Т. 5. Введение в сетевое планирование. Работы разных лет*. Москва-Дубна: Русское космическое общество (РКО) – Международная научная школа устойчивого развития им. П.Г. Кузнецова; 2021. 318 с.  
Kuznetsov P.G. *Nauka razvitiya Zhizni. T. 5. Vvedeniye v setevoye planirovaniye. Raboty raznykh let*. Moscow-Dubna: Russkoye kosmicheskoye obshchestvo (RKO) – Mezhdunarodnaya nauchnaya shkola ustoichivogo razvitiya im. P.G. Kuznetsova; 2021. 318 p. (In Russ.).
4. Большаков Б.Е. *Избранные труды. Т. 1. На пути к науке устойчивого развития Жизни*. Москва: Российская академия естественных наук; 2020. 352 с.  
Bol'shakov B.E. *Izbrannyye trudy. T. 1. Na puti k nauke ustoichivogo razvitiya Zhizni*. Moscow: Russian Academy of Natural Sciences; 2020. 352 p. (In Russ.).
5. Вернадский В.И. *Биосфера и ноосфера*. Москва: Наука; 1989. 261 с.  
Vernadsky V.I. *Biosphere and noosphere*. Moscow: Nauka; 1989. 261 p. (In Russ.).
6. Модель Месаровича-Пестеля. URL: <https://ru-ecology.info/term/25577/> (дата обращения: 19.09.2023).  
Model' Mesarovicha-Pestelya. URL: <https://ru-ecology.info/term/25577/> [Accessed 19th September 2023].
7. Тинберген Я. *Пересмотр международного порядка*. Москва: Прогресс; 1980. 416 с.  
Tinbergen J. *Reshaping the international order*. Moscow: Progress; 1980. 416 p. (In Russ.).

8. Кенэ Ф. *Избранные экономические сочинения*. Москва: Директ-Медиа; 2007. 516 с.  
Quesnay F. *Izbrannye ekonomicheskie sochineniya*. Moscow: Direkt-Media; 2007. 516 p. (In Russ.).
9. Джевонс У.С. *Деньги и механизм обмена*. Москва: Социум; 2020. 190 с.  
Jevons W.S. *Money and the mechanism of exchange*. Moscow: Sotsium; 2020. 190 p. (In Russ.).
10. Подолинский С.А. *Труд человека и его отношение к распределению энергии*. Москва: Белые альвы; 2005. 160 с.  
Podolinskii S.A. *Trud cheloveka i ego otnoshenie k raspredeleniyu energii*. Moscow: Belye al'vy; 2005. 160 p. (In Russ.).
11. Одум Г., Одум Э. *Энергетический базис человека и природы*. Москва: Прогресс; 1978. 380 с.  
Odum H.T., Odum E.C. *Energy basis for man and nature*. Moscow: Progress; 1978. 380 p. (In Russ.).
12. Кузнецов П.Г. *Наука развития Жизни. Т. 2. Постижение закона*. Москва: Российская академия естественных наук; 2015. 460 с.  
Kuznetsov P.G. *Nauka razvitiya Zhizni. T. 2. Postizhenie zakona*. Moscow: Russian Academy of Natural Sciences; 2015. 460 p. (In Russ.).
13. Колосовский Н.Н. *Теория экономического районирования*. Москва: Мысль; 1969. 336 с.  
Kolosovskii N.N. *Teoriya ekonomicheskogo raionirovaniya*. Moscow: Mysl'; 1969. 336 p. (In Russ.).
14. Калашникова Т.М. *Экономическое районирование*. Москва: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова; 1982. 216 с.  
Kalashnikova T.M. *Ekonomicheskoe raionirovanie*. Moscow: Lomonosov Moscow State University; 1982. 216 p. (In Russ.).
15. Шарыгин М.Д. *Основные проблемы социально-экономической географии: учеб. пособие по спецкурсу*. Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет; 1982. 87 с.  
Sharygin M.D. *Osnovnye problemy sotsial'no-ekonomicheskoi geografii: ucheb. posobie po spetskursu*. Perm: Perm State University; 1982. 87 p. (In Russ.).

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Шамаева Екатерина Федоровна**, кандидат технических наук, доцент, руководитель научного проекта Центра проектирования устойчивого развития институтов гражданского общества Государственного университета управления, Москва, Российская Федерация.

e-mail: [ef\\_shamaeva@guu.ru](mailto:ef_shamaeva@guu.ru)  
ORCID: [0000-0002-1070-8550](https://orcid.org/0000-0002-1070-8550)

**Ekaterina F. Shamaeva**, Candidate of Technical Sciences, head of the scientific project of the Center for Designing Sustainable Development of Civil Society Institutions, State University of Management, Moscow, the Russian Federation.

*Статья поступила в редакцию 26.03.2024; одобрена после рецензирования 11.04.2024; принята к публикации 17.04.2024.*

*The article was submitted 26.03.2024; approved after reviewing 11.04.2024; accepted for publication 17.04.2024.*