

Вестник НГУЭУ. 2023. № 2. С. 72–87

Vestnik NSUEM. 2023. No. 2. P. 72–87

Научная статья

УДК 330.341; 330.356; 338.1:620.9

DOI: 10.34020/2073-6495-2023-2-072-087

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО РАЗВИТИЯ И РАЗМЕЩЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Минат Валерий Николаевич

*Рязанский государственный агротехнологический университет  
имени П.А. Костычева*

minat.valera@yandex.ru

**Аннотация.** На основе эмпирического исследования подтверждается реальная значимость повышения энергоэффективности перспективного развития промышленного производства в условиях «реиндустриального поворота» наиболее развитых стран мира. С применением необходимых показателей, отражающих особенности использования энергии в развитии промышленности, функции «крыла» и приемов факторного анализа осуществлена группировка стран мира, отражающая место и роль каждой из них в перспективном промышленном развитии на прогнозный период до 2030 и 2035 гг. Предпринятое прогнозирование позволяет обосновать увеличение значимости энергии в экономическом росте передовых экономик мира за счет снижения энергозатрат в стоимости производимой продукции и повышения конкурентоспособности в условиях нового шестого технологического уклада.

**Ключевые слова:** промышленное производство, энергетика, прогнозирование, реиндустриализация, фактор энергоэффективности промышленного производства, законы энергетической трансформации, энергоэкономическая эффективность производства, страны мира

**Для цитирования:** Минат В.Н. Прогнозирование энергоэффективного развития и размещения промышленного производства // Вестник НГУЭУ. 2023. № 2. С. 72–87. DOI: 10.34020/2073-6495-2023-2-072-087.

Original article

## FORECASTING ENERGY EFFICIENT DEVELOPMENT AND LOCATION OF INDUSTRIAL PRODUCTION

Minat Valeriy N.

*Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev*

minat.valera@yandex.ru

**Abstract.** On the basis of an empirical study, the real significance of increasing the energy efficiency of the prospective development of industrial production in the conditions of the “reindustrial turn” in the most developed countries of the world is confirmed. Using

the necessary indicators that reflect the features of energy use in the development of industry, the function of the “wing” and methods of factor analysis, a grouping of the countries of the world was carried out, reflecting the place and role of each of them in the prospective industrial development for the forecast period up to 2030 and 2035. The forecasting undertaken makes it possible to justify the increase in the importance of energy in the economic growth of the world’s leading economies by reducing energy costs in the cost of manufactured products and increasing competitiveness in the new sixth technological order.

**Keywords:** industrial production, energy, forecasting, reindustrialization, energy efficiency factor of industrial production, laws of energy transformation, energy and economic efficiency of production, countries of the world

**For citation:** Minat V.N. Forecasting energy efficient development and location of industrial production. *Vestnik NSUEM*. 2023; (2): 72–87. (In Russ.). DOI: 10.34020/2073-6495-2023-2-072-087.

## Введение

Развитие энергетики тесно связано с перспективной динамикой социально-экономических, политических, экологических и технологических (особенно в рамках перехода к шестому технологическому укладу) условий общественного воспроизводства. Широко обсуждаемые в последние годы сценарии развития мировой – неуклонно деглобализующейся – неокapиталистической системы неизменно взаимосвязаны с состоянием и перспективами использования энергоресурсов и конъюнктуры энергетических рынков. При этом прогноз как глобального, так и локального энергетических рынков и энергопотребления (энергоэкономической оценки) в целом интегрируется с прогнозом «реиндустриального поворота», начавшегося в наиболее развитых странах. Указанный поворот обусловлен необходимостью очередной смены как внутри-, так и внешнеэкономического курса проводимой политики – с либерально-свободной на протекционистскую, порой даже изоляционистскую по ряду отраслей промышленного производства, обеспечивающих экономическую и национальную безопасность.

В этом контексте целый ряд стран мира в течение последнего десятилетия являют собой яркий и бескомпромиссный пример одновременного поворота к реиндустриализации и рещорингу, сочетаемого с повышением энергоэффективности собственного производства, либо экспансии энергоресурсов на мировой рынок. В настоящее время стало очевидным, что «перетягивание» на территорию США наиболее значимых отраслей промышленного производства из некогда активно капитализируемых «американских оффшоров» в странах Евросоюза, Юго-Восточной Азии, Японии, Китая и др., возникших во второй половине прошлого столетия, достигается любыми средствами. Так, помимо «экономической войны», Соединенные Штаты, главенствуя в военно-политических блоках трансатлантического и транстихоокеанского направлений, провоцируют (в противостоянии с Китаем) и уже создали (на Украине) прямые военные конфликты. Цель последних – максимальное ослабление конкурентов в «ключевых точках» геоэкономического пространства. Одним из факторов такого ослабления выступает искусственное углубление неравенства в уровне жизни людей, связанное с энергетической зависимостью экономик.

На фоне разрастающегося кризиса в мировых регионах и внутри отдельных стран, в системе «энергия – производство – человек» реализуется «новая» промышленная и энергетическая политика, которую можно назвать политикой «реиндустриальной энергетической трансформации» (*energy transformation reindustrialization*).

Прогнозирование развития и размещения энергетики и связанных с нею отраслей промышленности, их взаимосвязи, количественного отраслевого роста и качественного структурного развития является важнейшим направлением перспективного оценивания и программирования, начиная еще с довоенного периода. Если в 1920–1930-е гг. выявление «узких мест» в энергопроизводстве и промышленном энергопотреблении было связано с Великой депрессией и ее последствиями, то несостоятельность прогнозов 1960–1970-х гг. напрямую была связана с энергетическим кризисом, охватившим капиталистическое воспроизводство. С тех пор прогностическими исследованиями в области энергетики – как на международном и национальном, так и на региональном и межрайонном уровнях – занялись самые разные организации<sup>1</sup>. В России значительное внимание обращено на построение моделей топливно-энергетического баланса (ТЭБ), прогнозные тенденции которых позволяют выделить инвариантные тренды и определить ветви сценариев и прогнозов развития энергетического сектора страны [2].

Следует отметить, что от десятилетия к десятилетию прогнозы становились все более и более осторожными (снижение оценочных темпов предполагаемого развития), сокращался срок прогнозирования (оптимальным стал считаться от 10 до 15 лет). В рамках ограниченного 1–1,5 десятилетиями прогнозного периода снижалась вероятность кардинальных сдвигов в техническом состоянии энергетики (типы энергетических реакторов, масовость освоения нефтеносных сланцев, сжижение угля и т.п.), дефицита платежного баланса национальных экономических систем, связанного с внешней торговлей энергоресурсами. Важнейшим экзогенным параметром прогнозирования стала цена на нефть и газ (циклические колебания). Осторожность, с которой прогнозные организации стали подходить к оценкам перспектив развития энергетики, непосредственно сказалась и на разработке отраслевого и регионального прогнозирования промышленности большинства развитых стран, несмотря на детальность последнего. Особенно остро проблема прогнозирования встала для оценки перспективного размещения индустриальных транснациональных компаний (ТНК), прямо

---

<sup>1</sup> В частности, в США ведущее место занимает Управление энергетической информации или Федеральная энергетическая администрация (*Energy Information Administration, EIA*) – независимое агентство, созданное конгрессом США в 1977 г. в качестве аналитического агентства Министерства энергетики США, а также подразделения федеральной статистической системы США. Оно отвечает за сбор, анализ, распространение информации об энергии и энергетике, моделирование и прогнозирование энергетического рынка и его влияния на экономику и общество. Кроме того, составлением прогнозов развития и размещения энергетики в США заняты специализированные организации (в частности, Национальный нефтяной совет, *National Petroleum Council, NPC*), научные учреждения (одно из ведущих мест принадлежит Национальной инженерной академии США, *U.S. National Academy of Engineering, NAE*) и даже банковские структуры (например, «Чейз Манхэттен», *Chase Manhattan Bank*).

зависящих как от внешнеэкономических факторов, так и от прогноза разработки минеральных ресурсов. Тем более, что последнее, по мнению многих специалистов, не поддается сколько-нибудь обоснованному предвидению.

Однако в настоящее время и на перспективу ближайших 10–15 лет ни у западных [10, 11, 14], ни у российских [1, 6, 7] специалистов не вызывает сомнений, что одним из ведущих факторов экономического развития реиндустриального типа «останется» энергетический фактор, но трансформированный в *фактор энергоэффективности промышленного производства*. Именно «поправка на эффективность» дает шанс экономике, развивающейся в рамках шестого технологического уклада («новый» технологический фактор), «вернуть во времени» уже пройденные в 1950–1970-х гг. пределы роста производства энергии на душу населения (фактор ресурсных и экологических ограничений) и энергоэффективности «новой» индустрии.

### Методика исследования

Признавая примат фактора энергоэффективности и возможность разработки различных сценариев в динамике реиндустриального развития, выбранная нами методика оценки многовариантных трендов будущего промышленного производства на страновом уровне опирается, с одной стороны, на известные *законы энергетической трансформации* [1, 12, 19], а с другой – на еще более известные классические представления об *энергоэкономической эффективности производства* [4, 13, 21]. Воздействие указанного фактора предполагает два направления исследования – структурно-отраслевой и пространственный макрорегиональный, проявляющиеся под воздействием ряда других факторов (в частности, информационно-цифровой трансформации производства [3, 8, 15]). Первый предполагает перспективную оценку изменения показателей эффективности промышленного производства наиболее значимых отраслей под влиянием энергетического интенсивного фактора. Макрорегиональный аспект энергетической трансформации и энергоэкономической эффективности предполагает исследование целого ряда стран мира, опирающееся на открытые статистические и аналитические источники данных.

Воздействие энергоэкономического фактора на рост промышленного производства характеризуется рядом известных показателей (табл. 1).

Доля расходов на энергию кратно меньше отношения стоимости других производственных факторов (труда, материалов, капитала) к ВВП. Однако это не дает оснований считать, что энергия легко заменимый фактор производства, поскольку для энергоэкономического фактора действует значительная волатильность и уязвимость промышленного производства при удорожании энергии. Доля расходов на энергию почти на порядок ниже доли расходов на оплату труда или материалов, но волатильность *ECS* заметно выше расходов на труд. В то же время она почти в два раза ниже, чем для промежуточного продукта, отношение стоимости которого к ВВП также на порядок выше, чем для энергии. Поэтому «уязвимость» роста промышленного производства к волатильности доли расходов на энергию в любой стране мира можно выразить с использованием функции «крыла»,

**Показатели, отражающие степень влияния энергоэкономического фактора на рост и развитие промышленного производства**

**Indicators reflecting the degree of influence of the energy-economic factor on the growth and development of industrial production**

Показатель	Описание	Расчет
Энергоемкость (energy intensity, EI)	Величина потребления энергии в рамках производственно-технологического процесса	$EI = \frac{DC_{er}}{GDP}, \quad (1)$ <p>где <math>DC_{er}</math> – объем валового потребления энергетических ресурсов; <math>GDP</math> – валовой региональный продукт (ВВП)</p>
Энергооснащенность (equipment power, EP)	Отражает суммарную обеспеченность промышленного производства энергией на определенном технико-технологическом уровне	$ECS = \frac{E \times PE}{YR \times PY} = \frac{E}{YR} \times \frac{PE}{PY} = EI \times PER, \quad (2)$ <p>где <math>E</math> – потребление энергии; <math>YR</math> – доля ВВП, созданная в промышленном производстве в постоянных ценах; <math>PY</math> – дефлятор ВВП; <math>PER</math> – реальная средняя цена единицы энергии, используемой в промышленном производстве</p>
Энергоэффективность (energy efficiency, EE)	Удельный расход энергетических ресурсов на производство единицы продукции, определяемый соотношением доли расходов на энергию (ECS), цены единицы энергии (PE) и энергоемкости	
Энерговооруженность (energy supply, ES)	Характеризует отношение затрат энергии к показателю затраченного труда, использующего энергетическую мощность в производственном процессе	$ES = \frac{E}{L}, \quad (3)$ <p>где <math>E</math> – потребляемая энергия, характеризующая энергетическую мощность; <math>L</math> – ресурс труда, выраженный в численности рабочих либо отработанных человеко-часах</p>

*Примечание.* Составлено автором по: [4, 13, 21].

которая позволяет отразить усиление зависимости многофакторных функций от отдельно взятого параметра в зависимости от его положения по отношению к пороговому значению [9].

При условии, что потенциальный темп роста промышленного производства  $i$ -й отрасли  $j$ -й страны ( $T_{ij}$ ) определяется функцией с использованием ряда производственных факторов  $F(X_1 \dots X_n)$ , функция «крыла» корректирует его через множители:

$$T_{ij} = F(X_1 \dots X_n) \times \left( 1 - a \frac{\Delta ECS - \Delta ECS^{sust}}{\Delta ECS^{max} - \Delta ECS^{sust}} \right), \quad (4)$$

при  $\Delta ECS - \Delta ECS^{sust} \geq 0$ ;

$$T_{ij} = F(X_1 \dots X_n) \times \left( \frac{\Delta ECS^{\min} - \Delta ECS^{sust}}{\Delta ECS - \Delta ECS^{sust}} \right)^b, \quad (5)$$

при  $\Delta ECS - \Delta ECS^{sust} < 0$ ,

где  $\Delta ECS$  – отклонения доли расходов на энергию ( $ECS$ ) от среднего за длительный период времени или от долгосрочного тренда в конкретный момент времени;  $\Delta ECS^{\max}$  или  $\Delta ECS^{\min}$  – соответственно максимальное или минимальное наблюдаемое отклонение  $ECS$ ;  $\Delta ECS^{sust}$  – отклонение порогового значения  $ECS$ , позволяющее избежать регрессии, означающее, что при высокой доле затрат на энергию высокие темпы роста промышленного производства не достижимы;  $a$  и  $b$  – соответствующие коэффициенты эластичности замены энергии другими факторами производства.

Пространственно-временная динамика средних цен на энергоносители  $\left( \frac{p_1}{p_0} \right)$ , определяемая в отношении каждой из рассматриваемых стран мира, представлена нами в качестве функции нескольких агрегатов. Последние отражают такие факторы развития промышленного производства, как «качество энергии» (*energy quality*)<sup>2</sup>, баланс спроса и предложения энергии (*energy supply and demand balance*)<sup>3</sup>, технологическое обучение (*technological learning*), экологическое налогообложение и квотирование, иную фискальную нагрузку на цену энергоресурса, эффект технического регулирования (*technical regulation*) [12]:

$$\begin{aligned} \frac{p_1}{p_0} &= \frac{\sum_i E_{ij} p_{ij}}{\sum_i E_{ij} p_{i0}} = \frac{\sum_i s_{ij} p_{ij}}{\sum_i s_{ij} p_{i0}} = \\ &= \frac{\sum_i s_{ij} p_{i0}}{\sum_i s_{i0} p_{i0}} \times \frac{\sum_i s_{ij} p_{i0} I_{ij}^{sdb}}{\sum_i s_{ij} p_{i0}} \times \frac{\sum_i s_{ij} p_{i0} I_{ij}^{sdb} I_{ij}^{tl}}{\sum_i s_{ij} p_{i0} I_{ij}^{sdb}} \times \frac{\sum_i s_{ij} p_{i0} I_{ij}^{sdb} I_{ij}^{tl} I_{ij}^{ecol} I_{ij}^{fisc} I_{ij}^{tr}}{\sum_i s_{ij} p_{i0} I_{ij}^{sdb} I_{ij}^{tl}}, \quad (6) \end{aligned}$$

где  $E_{ij}$  – потребление  $i$ -го энергоресурса за период времени  $t$  для  $j$ -й страны мира;  $p_{ij}$  – цена  $i$ -го энергоресурса, определяемая в период времени  $t$  для  $j$ -й страны;  $s_{ij}$  – доля  $i$ -го энергоресурса в суммарном потреблении энергии

<sup>2</sup> В работах некоторых западных исследователей «качество энергии» определяется как отношение объемов используемых энергоносителей, взвешенных по их экономической ценности (рыночной цене), к объемам их использования в промышленном производстве, взвешенным по их энергетической ценности (на основе применения специальных коэффициентов пересчета энергоносителей в единый энергетический эквивалент) [19, 21].

<sup>3</sup> При интерпретации энергоэкономического фактора используются электроэнергетические показатели оснащенности промышленного производства исследуемых стран мира, так как электроэнергия остается ведущим энергоносителем и для традиционной, и для инновационной техники и технологий. Электроэнергия для промышленности является достаточно дорогой, но наиболее качественной, выступая ключевой составляющей энергоэкономического фактора. При этом эффект возрастания значимости энергоэкономического фактора состоит в компенсации роста средней цены на энергию за счет повышения качества энергии. Улучшение качественных характеристик энергии является неизменным условием поднятия многофакторной производительности интенсивного типа производства [5].

за период времени  $t$  для  $j$ -й страны; индексы, отражающие изменение цен соответственно по результатам изменения баланса спроса и предложения ( $I_{ij}^{sdb}$ ), технологического обучения ( $I_{ij}^{tl}$ ), введения экологического налога или квот на выброс вредных веществ и парниковых газов ( $I_{ij}^{ecol}$ ), иной фискальной нагрузки ( $I_{ij}^{fisc}$ ), технического регулирования ( $I_{ij}^{tr}$ ), влияющих на изменение объема используемого  $i$ -го энергоресурса за период времени  $t$  для  $j$ -й страны мира.

Учитывая неодинаковую обеспеченность государств различными ресурсами (факторами производства), проанализировать сложившуюся и перспективную структуру промышленного производства (даже в разрезе основных отраслей, включая высокотехнологичные, обеспечивающие шестой технологический уклад), представляется необходимым на основе выявления взаимосвязей между энергоэкономическими и общеэкономическими показателями. Отмеченная взаимосвязь позволяет выявить резервы интенсификации и повышения эффективности (в том числе энергоэффективности) промышленного производства в каждой из рассматриваемых стран. Особое внимание уделяется перспективной оценке развития отраслей промышленности, развитие которых в конкретной стране не соответствует ресурсным возможностям ее территории (в первую очередь по энерго- и трудоемкости) и достаточному уровню технологического обучения и технического регулирования. Обосновать перспективные направления повышения эффективности таких отраслей за счет интенсивных источников роста возможно на основе прогнозирования энергоэффективности развития и связанных с этим особенностей внутри- и межстранового размещения промышленного производства на период до 2030 и 2035 гг.

Для этого используется *факторный анализ* изменения показателей эффективности конкретных отраслей производства, позволяющий оценить степень влияния интенсивных факторов (например, фактора квалифицированного труда), прежде всего, энергетического (энергоэкономического, энергоэффективности), на перспективный рост производства в указанных временных и пространственных рамках.

Факторный анализ изменения показателей эффективности производства отражает значение (усиление либо снижение) влияния энергетической и электроэнергетической оснащенности. Прирост выпуска промышленной продукции ( $\Delta T$ ) в соответствии с факторной производственной функцией экономического роста представлен следующим выражением [13, 15]:

– для экстенсивных факторов производства ( $\alpha_{ext}$ )

$$\alpha_{ext} = \frac{\Delta T_{ext}}{\Delta T} = \frac{\frac{\Delta C}{C} + \frac{\Delta L}{L}}{\frac{\Delta T}{T}}, \quad (7)$$

– для интенсивных производственных факторов ( $\alpha_{int}$ )

$$\alpha_{int} = \frac{\Delta T_{int}}{\Delta T} = \frac{\frac{\Delta Y}{Y}}{\frac{\Delta T}{T}}, \quad (8)$$

где  $T$  – планируемый объем выпуска промышленной продукции;  $\Delta T_{ext}$  – прирост выпуска промышленной продукции по экстенсивному типу, т.е. за счет вовлечения значительных ресурсов капитала/фондов ( $C$ ), труда ( $L$ );  $\Delta T_{int}$  – прирост выпуска промышленной продукции по интенсивному типу, т.е. за счет получения дополнительного эффекта с каждой дополнительно вовлеченной единицы ресурсов  $\left(\frac{\Delta Y}{Y}\right)$ .

При условии, что  $T = L \times \frac{ES}{EI}$  и  $T = C \times \frac{EP}{EI}$  [21], выпуск промышленной продукции определяется выражением, которое в интегрированном виде соответствует формулам:

$$\alpha_{ext} = \frac{\frac{1}{2} \left( \ln \frac{C_2}{C_1} + \ln \frac{L_2}{L_1} \right)}{\left| \frac{1}{2} \ln \frac{C_2}{C_1} + \frac{1}{2} \ln \frac{L_2}{L_1} \right| + \left| \frac{1}{2} \ln \frac{EP_2}{EP_1} + \frac{1}{2} \ln \frac{EE_2}{EE_1} + \frac{1}{2} \ln \frac{ES_2}{ES_1} + \ln \frac{EI_1}{EI_2} \right|}, \quad (9)$$

$$\alpha_{int} = \frac{\frac{1}{2} \ln \frac{EP_2}{EP_1} + \frac{1}{2} \ln \frac{EE_2}{EE_1} + \frac{1}{2} \ln \frac{ES_2}{ES_1} + \ln \frac{EI_1}{EI_2}}{\left| \frac{1}{2} \ln \frac{C_2}{C_1} + \frac{1}{2} \ln \frac{L_2}{L_1} \right| + \left| \frac{1}{2} \ln \frac{EP_2}{EP_1} + \frac{1}{2} \ln \frac{EE_2}{EE_1} + \frac{1}{2} \ln \frac{ES_2}{ES_1} + \ln \frac{EI_1}{EI_2} \right|}, \quad (10)$$

где 1 и 2 – состояние исследуемых параметров соответственно в начале (2020 г.) и в конце (2030 и 2035 гг.) прогнозного периода времени.

Факторный анализ в разрезе ведущих отраслей промышленности позволяет оценить степень влияния энергоэкономического фактора на интенсивный рост производства в сравнении с макро- и мезоэкономическими факторами его развития. Проведена интерпретация факторов, посредством которой факторные нагрузки вычисляются для анализа главных компонент и принятия решения о значимости каждого из трех факторов (табл. 2).

### Результаты и обсуждение

Результаты факторного анализа перспективных изменений показателей роста и развития промышленного производства некоторых стран мира до 2030 г. показывают, что достижение одного и того же значения выпуска промышленной продукции может быть обеспечено за счет разных соотношений трех исследуемых факторов. На основе полученных эмпирических результатов средних за период показателей, включая расходуемые энергоресурсы, в перспективном периоде до 2035 г. результаты прогноза свидетельствуют об усилении влияния энергоэкономического фактора. Это характерно, прежде всего, в плане воздействия энергооснащенности (EP) на изменение показателей энергоэффективности (EE), а следовательно, на эффективность промышленного производства целого ряда стран мира (табл. 3).

**Экономическая интерпретация интегральных факторов роста и развития  
промышленного производства**

**Economic interpretation of integral factors growth and development  
of industrial production**

Фактор (его интерпретация), обозначение в табл. 3	Основные показатели	
Макроэкономический (доля промышленного производства в экономике и внешнеторговом балансе страны)	$F_1$	1. Доходы промышленных компаний, % к ВВП 2. Расходы промышленных компаний, % к ВВП 3. Валовое накопление в отраслях промышленности, % к ВВП 4. Прирост доли промышленной продукции в ВВП, % 5. ВДС отраслей промышленности, % к ВВП 6. Сальдо счета текущих операций по товарным группам промышленного производства, млн долл. США 7. Чистый приток ПИИ в отрасли промышленности, млн долл. США
Мезоэкономический / отраслевой (темпы развития промышленного производства страны)	$F_2$	1. Расходы на ИТД и НИОКР в отраслях промышленности, млн долл. США 2. Внутренний кредит производственному бизнесу, % к ВВП 3. Резервы компаний промышленного сектора, млн долл. США 4. Банковские неисполненные займы промышленным компаниям к совокупным займам брутто, % 5. ИПЦ на продукцию отраслей промышленности, %
Энергоэкономический	$F_3$	См. табл. 1

*Примечание.* ВВП – валовой внутренний продукт, ПИИ – прямые иностранные инвестиции, ИПЦ – индекс потребительских цен, ВДС – валовая добавленная стоимость, ИТД – инновационно-технологическая деятельность, НИОКР – научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки.

Составлено автором по: [16–18, 20].

На основе корреляции (факторных нагрузок) между переменными и тремя выделенными факторами (существенными при величине ниже 0,70) подтверждаем количество главных компонент, объединяющих ряд признаков. На основании корреляционно значимого отбора признаков, тесно связанных друг с другом в ретроспективном периоде, эмпирически подтверждается выделение группы наиболее развитых стран мира по макроэкономическим ( $F_1$ ) и отраслевым ( $F_2$ ) показателям роста и развития промышленного производства, характеризующихся снижением энергоемкости (по фактору  $F_3$ ). В эту группу входят ведущие страны Евросоюза (Швеция, Германия, Франция), Япония, Южная Корея.

Прогнозируемый до 2035 г. прирост выпуска промышленной продукции в каждой из стран, указанных в табл. 3, в соответствии с факторной производственной функцией экономического роста и развития позволяет на основе обобщения используемых переменных выявить факторные нагрузки в пространстве трех главных компонент. Опуская промежуточные расчеты (включая отбор факторов по критерию Кайзера) и интерпретацию

Таблица 3

**Прогнозирование влияния факторов развития промышленного производства  
в некоторых странах мира**

**Forecasting the impact of industrial development factors production  
in some countries of the world**

Страны мира	Факторы и прогнозные периоды времени					
	$F_1$		$F_2$		$F_3$	
	2030 г.	2035 г.	2030 г.	2035 г.	2030 г.	2035 г.
Япония	0,592	0,166	-1,207	-2,473	3,326	2,902
Страны Евросоюза	0,465	0,277	1,181	1,634	-0,273	-0,483
Германия	1,277	2,438	-2,112	-3,467	0,522	1,024
Австралия	0,714	-0,423	1,834	1,283	2,437	1,778
Бразилия	1,126	0,204	0,386	-0,889	0,474	-1,803
Россия	0,828	1,476	0,268	0,613	-0,338	-0,826
Китай (КНР)*	-2,369	-8,977	0,609	-0,581	0,489	1,218
Иран	-0,580	-1,138	-0,720	-1,684	-1,374	-2,993
НИС Азии	-1,002	-1,451	0,784	0,806	0,697	0,611
США	-0,096	-0,294	-0,156	-0,307	-1,923	-3,275
Франция	2,448	1,417	-0,137	-0,478	0,295	-0,586
Великобритания	1,780	1,033	-0,678	-2,519	0,107	-1,760
Канада	1,747	1,125	2,133	1,394	0,679	-0,222
Индия	2,138	1,348	2,904	2,748	1,924	1,274
Саудовская Аравия	0,786	-0,306	0,986	0,354	1,537	0,706
Мексика	1,917	1,322	1,672	1,229	1,083	0,573
Италия	0,800	0,527	4,881	3,976	0,095	-0,635
Швеция	2,282	1,993	0,195	-0,802	3,268	2,848

*Примечание.* Составлено автором по: [16–18, 20].

результатов влияния  $F_1$  и  $F_2$  как таковых, можно сгруппировать изучаемые страны по особенностям взаимного (в системе связанных показателей) влияния факторов роста и развития промышленного производства, выделив нарастающее значение энергоэкономического фактора ( $F_3$ ).

К *первой группе* относятся страны, в ретроспективе все еще сильно зависимые от традиционных форм и моделей индустриального развития, поэтому ориентированные на низкую энергоэффективность и энерговооруженность производства – Индия, Мексика, Бразилия. Прогноз указывает на возможность сохранения макроэкономических и отраслевых тенденций такого развития до 2035 г. в названных латиноамериканских государствах. Вместе с тем Индия, характеризующаяся повышением энергоэффективности в наступившем десятилетии (с 2020 г.), «попадает» к 2035 г. в число лидеров Южноазиатского региона в качестве индустриального центра. Из числа экономически развитых стран к данной группе принадлежит Австралия, характеризующаяся развитым и энергообеспеченным промышленным производством, а также диверсифицированными внешнеторговыми и научно-техническими связями. Таким образом, промышленный рост в странах указанной группы представляется постепенным и в целом энергообеспе-

ченным, а развитие промышленного производства носит ярко выраженный региональный характер.

*Вторая группа* стран – Китай (КНР) и Иран, напротив, как ретроспективно, так и в перспективе до 2035 г. характеризуется резким качественным скачком программного энергоэкономического развития ( $F_3$ ). В сочетании с указанным фактором для Китая как «мастерской современного мира» наиболее значимым выступает влияние  $F_1$ , тогда как для Ирана –  $F_2$ . Более того, для промышленного развития КНР к 2035 г. роль энергоэкономического фактора резко снизится, поскольку Китай, судя по расчетным данным на перспективное десятилетие, станет лидером мирового промышленного производства.

*Третья группа* объединяет высокоразвитые энергозависимые страны. Таковых в представленной выборке большинство – Евросоюз, азиатские НИС, Япония. При этом в энергоэффективной Швеции и энергодефицитной Италии, как следует из полученных расчетов, промышленное производство в разной мере испытывало и будет испытывать влияние энергоэкономического фактора. Для первой из названных стран он не останется менее значимым, чем  $F_1$  и  $F_2$ , а для второй – сохранится его определяющее значение. Интересно, что если для Японии и Германии роль  $F_3$  для роста и развития промышленного производства будет снижаться, то для Великобритании и Франции (а также, например, для Канады), напротив, возрастать. Это, на наш взгляд, связано со структурными особенностями индустриального сектора стран ОЭСР, несмотря на колебание цен на энергоносители.

*Четвертая группа* объединяет экономически различные (по влиянию макроэкономических и мезоотраслевых факторов), но энергообеспеченные страны – США, Россию, Канаду и Саудовскую Аравию. Общее состоит в том, что роль энергоэкономического фактора в промышленном развитии (разного уровня) значительно возрастет к 2035 г. Уходящее лидерство США, его неоиндустриальное противоборство с Китаем в наступившем десятилетии, судя по полученным данным, вынуждает американскую промышленность осуществлять не только новый технологический переход, но и увеличивать энергозатраты в рамках расширенного производства. Российская промышленность в среднесрочной перспективе также, наряду с не вполне оправдавшей себя энергоэффективностью, будет вынуждена увеличить энергопотребление за счет традиционных ресурсов, что повысит роль энергоэкономического фактора в ее росте и развитии.

Представленная группировка в целом отражает важную тенденцию повышения влияния энергоэкономического фактора. Причем если в ретроспективном периоде отмечается доминирование энергоэкономии, то в перспективе, как не парадоксально, определенное стремление к энергооснащенности и энерговооруженности промышленного производства. При этом индустриальное преимущество стран, исследуемых в пространстве главных компонент на среднесрочную перспективу (до 2035 г.) в отношении влияния энергоэкономического фактора, сохраняется за энергоэффективной моделью промышленного производства как фактора, прежде всего, экономического роста. Вместе с тем экономическое развитие большинства

стран (по крайней мере, наиболее развитых), вошедших в 2010-х гг. в начальную фазу «реиндустриального поворота», помимо повышения доступности энергии (прежде всего по стоимости), влияющей на конкурентоспособность промышленной продукции США, Японии, стран Евросоюза и других национальных экономик, невозможно без повышения «качества» энергии. Проблема «качества» напрямую зависит от новых способов получения энергии, доля которых явно недостаточна для поддержания рентабельности промышленного производства в развитых странах.

В то же время, опираясь на высокую обеспеченность собственными и импортируемыми энергоресурсами, такие страны, как Китай (КНР), Индия и в меньшей степени Австралия и Канада, имеют возможность не только поддерживать рост своего промышленного производства, но и прогнозировать успешное развитие. Энергетическая независимость (либо успешное преодоление такой зависимости) КНР, Индии, Ирана, Саудовской Аравии и, будем надеяться, России создает условия для успешного развития производства на основе сочетания энергоэкономического фактора с макроэкономическим и мезоотраслевым.

### Заключение

По результатам проведенного исследования автор получил эмпирическое подтверждение реальной значимости повышения энергоэффективности для развития промышленного производства на перспективу ближайшего десятилетия (до 2030 г.), а в особенности до 2035 г. Этот факт, на наш взгляд, находится не в противоречии, а напротив, в диалектической взаимосвязи с набирающим силу шестым технологическим укладом, предусматривающим «реиндустриальный поворот» наиболее развитых стран мира с целью закрепления за собой экономического доминирования. Именно под воздействием фактора энергоэффективности и энергоэкономической модернизации промышленного производства предоставляется возможность решения ряда проблем, перманентно приводящих к кризисам второй половины XX столетия. А именно представляется возможность отодвинуть границы ограничения экономического роста за счет повышения доступности энергии, обеспечить конкурентоспособность отраслей промышленного производства на новой технологической основе, увеличить многофакторную производительность благодаря повышению качества энергии, нивелировать проблему ограниченности энергоресурсов и их неравномерного распределения, поддержать рост производства при ужесточении экологических требований.

Представленная группировка стран отражает роль энергоэкономики и энергоэффективности в реиндустриальном энергоэкономном либо, напротив, энергоресурсном экстенсивно-интенсивном развитии традиционных промышленных отраслей в каждой из них на 15-летнюю перспективу. Перспективы промышленного развития России под воздействием энергоэкономического фактора на ближайшее десятилетие видятся в пределах незначительной интенсификации энергетического фактора, с постепенным (к 2035 г.) переходом к энергоэффективным отраслям промышленного

производства. Хотя результаты расчетов отражают известные трудности перспективной перестройки российской промышленности в направлении дальнейшей интенсификации, связанные с необходимостью использования экстенсивной составляющей экономического роста. Энерговооруженность труда в отечественной промышленности неизменно сочетается с высоким уровнем капиталоемкости/фондоёмкости, соответствующей уровню научно-технического оснащения производственных мощностей. В сложившейся к исследуемому ретроспективному периоду (2020 г.) и прогнозируемой до 2030 г. негативной демографической ситуации в России однозначно возникает необходимость экономии живого труда, включая вспомогательные слабомеханизированные процессы, доля которых достигает в некоторых отраслях половины объема производства.

### Список источников

1. *Башмаков И.А.* Повышение энергоэффективности и экономический рост // Вопросы экономики. 2019. № 10. С. 32–63. DOI:10.32609/0042-8736-2019-10-32-63
2. *Мамий И.П., Иващенко М.А.* Прогнозные топливно-энергетические балансы: методологические проблемы и варианты формирования // Вестник НГУЭУ. 2015. № 4. С. 128–134.
3. *Минат В.Н.* Информационно-цифровая трансформация высокотехнологичных отраслей как источник индустриального роста США // Вестник НГУЭУ. 2022. № 3. С. 212–227. DOI: 10.34020/2073-6495-2022-3-212-227
4. *Минат В.Н.* Мезоэкономическое моделирование структурных сдвигов промышленности США: отраслевая и пространственная составляющие // Экономическая наука современной России. 2022. № 1. С. 94–109. DOI: 10.33293/1609-1442-2022-1(96)-94-109
5. *Положенцева Ю.С., Клевцова М.Г., Логвинова И.О.* Индикативная оценка уровня экологизации как инструмент управления дифференциацией экономического пространства // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. 2022. Т. 12, № 6. С. 22–37. DOI: 10.21869/2223-1552-2022-12-6-22-37
6. Прогнозирование социально-экономического развития региона / Под ред. В.А. Черешнева, А.И. Татаркина, С.Ю. Глазьева. Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2011. 1104 с.
7. *Тетельмин В.В.* Энерго-демографическая история современной цивилизации // Народонаселение. 2021. Т. 24, № 2. С. 142–153. DOI: 10.19181/population.2021/24/2/13
8. *Чарочкина Е.Ю.* Тенденции технологической трансформации промышленного сектора экономики на современном этапе // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. 2021. Т. 11, № 5. С. 85–94. DOI: 10.21869/2223-1552-2021-11-5-85-94
9. *Brown M.* On the theory and measurement of technological change. Cambridge: Cambridge University Press. 1966. XII p. 214 p.
10. *Court V., Jouvet P.-A., Lantz F.* Long-term endogenous economic growth and energy transitions // The Energy Journal. 2018. Vol. 39, no. 1. P. 29–57. DOI: 10.5547/01956574.39.1.vcou
11. *Csereklyei Z., Rubio-Varas M.M., Stern D.I.* Energy and economic growth: The stylized facts // The Energy Journal. 2016. Vol. 37, no. 2. P. 223–256. DOI: 10.5547/01956574.37.2.zcse
12. *Fouquet R.* Long-run trends in energy related energy costs // Ecological Economics. 2011. Vol. 70. P. 2380–2389. DOI:10.1016/j.ecolecon.2011.07.020

13. *Murphy D.J., Hall C.A.S.* Energy return on investment, peak oil, and the end of economic growth // *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2011. Vol. 1219, no. 1. P. 52–72. DOI: 10.1111/j.1749-6632.2010.05940.x
14. *Rajbhandari A., Zhang F.* Does energy efficiency promote economic growth? Evidence from a multicountry and multisectoral panel dataset // *Energy Economics*. 2018. Vol. 69. P. 128–139. DOI: 10.1016/j.eneco.2017.11.007
15. *Svento R.* High-tech industries as a factor in the reindustrialization of the economy // *Papers in Regional Science*. 2019. Vol. 98. Iss. 3. P. 143–162.
16. BP Statistical Review of World Energy. 2022. 71st edition. URL: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf> (дата обращения: 20.01.2023).
17. Energy Technology Perspectives 2020. URL: [https://iea.blob.core.windows.net/assets/7f8aed40-89af-4348-be19-c8a67df0b9ea\\_PDF.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/7f8aed40-89af-4348-be19-c8a67df0b9ea_PDF.pdf) (дата обращения: 20.01.2023).
18. Energy Transition Investment Trends 2022. Tracking global investment in the low-carbon energy transition. URL: <https://assets.bbhub.io/professional/sites/24/> pdf (дата обращения: 20.01.2023).
19. *Kander A.* Economic growth, energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions in Sweden 1800–2000. Lund Studies in Economic History. 2002. Vol. 19. Lund, Sweden. URL: [https://www.academia.edu/817775/Economic\\_growth\\_energy\\_consumption\\_and\\_CO2\\_emissions\\_in\\_Sweden\\_1800\\_2000](https://www.academia.edu/817775/Economic_growth_energy_consumption_and_CO2_emissions_in_Sweden_1800_2000) (дата обращения: 05.01.2023).
20. Official site of the American Council on an energy-efficient economy. URL: <https://www.aceee.org/program/state-policy> (дата обращения: 20.01.2023).
21. *Stern D., Kander A.* The role of energy in the industrial revolution and modern economic growth. Center for Applied Macroeconomic Analysis. CAMA Working Paper Series, No. 2011-01, The Australian National University. 2011. URL: [https://cama.crawford.anu.edu.au/sites/default/files/publication/cama\\_crawford\\_anu\\_edu\\_au/2021-06/1\\_stern\\_kander\\_2011.pdf](https://cama.crawford.anu.edu.au/sites/default/files/publication/cama_crawford_anu_edu_au/2021-06/1_stern_kander_2011.pdf) (дата обращения: 05.01.2023).

## References

1. Bashmakov I.A. Povyshenie energoeffektivnosti i ekonomicheskij rost [Increasing energy efficiency and economic growth], *Voprosy ekonomiki [Questions of Economics]*, 2019, no. 10, pp. 32–63. DOI: 10.32609/0042-8736-2019-10-32-63
2. Mamij I.P., Ivashchenko M.A. Prognoznye toplivno-energeticheskie balansy: metodologicheskie problemy i varianty formirovaniya [Forecasted fuel and energy balances: methodological problems and options for formation], *Vestnik NGUEU [Vestnik NSUEM]*, 2015, no. 4, pp. 128–134.
3. Minat V.N. Informacionno-cifrovaya transformaciya vysokotekhnologichnyh otraslej kak istochnik industrial'nogo rosta SShA [Information and digital transformation of high-tech industries as a source of industrial growth in the USA], *Vestnik NGUEU [Vestnik NSUEM]*, 2022, no. 3, pp. 212–227. DOI: 10.34020/2073-6495-2022-3-212-227
4. Minat V.N. Mezoekonomicheskoe modelirovanie strukturnyh sdvigov promyshlennosti SShA: otraslevaya i prostranstvennaya sostavlyayushchie [Meso-economic Modeling of Structural Shifts in the US Industry: Sectoral and Spatial Components], *Ekonomicheskaya nauka sovremennoj Rossii [Economic Science of Modern Russia]*, 2022, no. 1, pp. 94–109. DOI: 10.33293/1609-1442-2022-1(96)-94-109
5. Polozhentseva Yu.S., Klevtsova M.G., Logvinova I.O. Indikativnaya ocenka urovnya ekologizacii kak instrument upravleniya differenciaciej ekonomicheskogo prostranstva [Indicative Assessment of the Level of Ecologization as a Tool for Managing the Differentiation of the Economic Space], *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika. Sotsiologiya. Menedzhment [Proceedings of the Southwest State University. Series: Economics, Sociology and Management]*, 2022, vol. 12, no. 6, pp. 22–37. DOI: 10.21869/2223-1552-2022-12-6-22-37

6. Prognozirovanie social'no-ekonomicheskogo razvitiya regiona [Forecasting the socio-economic development of the region]. Ed. V.A. Chereshev, A.I. Tatarkin, S.Yu. Glazyev. Yekaterinburg, Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2011, 1104 p.
7. Tetel'min V.V. Energo-demograficheskaya istoriya sovremennoj civilizatsii [Energy-demographic history of modern civilization], *Narodonaselenie [Population]*, 2021, vol. 24, no. 2, pp. 142–153. DOI: 10.19181/population.2021/24/2/13
8. Charochkina E.Yu. Tendentsii tekhnologicheskoy transformatsii promyshlennogo sektora ekonomiki na sovremennom etape [Trends in the Technological Transformation of the Industrial Sector of the Economy at the Present Stage], *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika. Sotsiologiya. Menedzhment [Proceedings of the Southwest State University. Series: Economics, Sociology and Management]*, 2021, vol. 11, no. 5, pp. 85–94. DOI: 10.21869/2223-1552-2021-11-5-85-94
9. Brown M. On the theory and measurement of technological change. Cambridge, Cambridge University Press, 1966, XII p., 214 p.
10. Court V., Jouvet P.-A., Lantz F. Long-term endogenous economic growth and energy transitions, *The Energy Journal*, 2018, vol. 39, no. 1, pp. 29–57. DOI: 10.5547/01956574.39.1.vcou
11. Csereklyei Z., Rubio-Varas M.M., Stern D.I. Energy and economic growth: The stylized facts, *The Energy Journal*, 2016, vol. 37, no. 2, pp. 223–256. DOI: 10.5547/01956574.37.2.zcse
12. Fouquet R. Long-run trends in energy related energy costs, *Ecological Economics*, 2011, vol. 70, pp. 2380–2389. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2011.07.020
13. Murphy D.J., Hall C.A.S. Energy return on investment, peak oil, and the end of economic growth, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2011, vol. 1219, no. 1, pp. 52–72. DOI: 10.1111/j.1749-6632.2010.05940.x
14. Rajbhandari A., Zhang F. Does energy efficiency promote economic growth? Evidence from a multicountry and multisectoral panel dataset, *Energy Economics*, 2018, vol. 69, pp. 128–139. DOI: 10.1016/j.eneco.2017.11.007
15. Svento R. High-tech industries as a factor in the reindustrialization of the economy, *Papers in Regional Science*, 2019, vol. 98, iss. 3, pp. 143–162.
16. BP Statistical Review of World Energy. 2022. 71st edition. Available at: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf> (accessed: 20.01.2023).
17. Energy Technology Perspectives 2020. Available at: [https://iea.blob.core.windows.net/assets/7f8aed40-89af-4348-be19-c8a67df0b9ea\\_PDF.pdf](https://iea.blob.core.windows.net/assets/7f8aed40-89af-4348-be19-c8a67df0b9ea_PDF.pdf) (accessed: 20.01.2023).
18. Energy Transition Investment Trends 2022. Tracking global investment in the low-carbon energy transition. Available at: <https://assets.bbhub.io/professional/sites/24/pdf> (accessed: 20.01.2023).
19. Kander A. Economic growth, energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions in Sweden 1800–2000, *Lund Studies in Economic History*, 2002, vol. 19, Lund, Sweden. Available at: [https://www.academia.edu/817775/Economic\\_growth\\_energy\\_consumption\\_and\\_CO2\\_emissions\\_in\\_Sweden\\_1800\\_2000](https://www.academia.edu/817775/Economic_growth_energy_consumption_and_CO2_emissions_in_Sweden_1800_2000) (accessed: 05.01.2023).
20. Official site of the American Council on an energy-efficient economy. Available at: <https://www.aceee.org/program/state-policy> (accessed: 20.01.2023).
21. Stern D., Kander A. The role of energy in the industrial revolution and modern economic growth. Center for Applied Macroeconomic Analysis, *CAMA Working Paper Series*, no. 2011-01, The Australian National University, 2011. Available at: [https://cama.crawford.anu.edu.au/sites/default/files/publication/cama\\_crawford\\_anu\\_edu\\_au/2021-06/1\\_stern\\_kander\\_2011.pdf](https://cama.crawford.anu.edu.au/sites/default/files/publication/cama_crawford_anu_edu_au/2021-06/1_stern_kander_2011.pdf) (accessed: 05.01.2023).

**Сведения об авторе:**

**В.Н. Минат** – кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры экономики и менеджмента, Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, Рязань, Российская Федерация.

**Information about the author:**

**V.N. Minat** – Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economics and Management, Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan, Russian Federation.

<i>Статья поступила в редакцию</i>	<i>27.02.2023</i>	<i>The article was submitted</i>	<i>27.02.2023</i>
<i>Одобрена после рецензирования</i>	<i>08.05.2023</i>	<i>Approved after reviewing</i>	<i>08.05.2023</i>
<i>Принята к публикации</i>	<i>10.05.2023</i>	<i>Accepted for publication</i>	<i>10.05.2023</i>