

УДК 330.43:338.45:620.9(510)

Q. Экономика сельского хозяйства и природных ресурсов.

Экономика окружающей среды

Q. Agricultural and Natural Resource Economics.

Environmental and Ecological Economics

ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СЕКТОРА КИТАЯ

А. А. БЫКОВ¹⁾, ВАН ЦЯН²⁾¹⁾Белорусский государственный экономический университет,
пр. Партизанский, 26, 220070, г. Минск, Беларусь²⁾Синогидро Корпорейшн Лимитед, ул. Сурганова, 57б, 220100, г. Минск, Беларусь

Аннотация. Сформулирована гипотеза о том, что в период бурного экономического роста в Китае отрасль электроэнергетики могла развиваться на экстенсивной основе. Обозначены условия экстенсивного экономического роста электроэнергетики, к которым относятся увеличение вклада труда и минеральных ресурсов в стоимость электроэнергии, увеличение отношения выпуска услуг электроэнергетики к ВВП. Проведен анализ данных таблиц «затраты – выпуск» Китая в текущих ценах за период с 1981 по 2018 г. Оценена структура затрат отрасли «Производство и распределение электроэнергии, газа и воды». Установлено допущение, что около 82 % конечной продукции отрасли является именно электроэнергией. Показано, что ключевым фактором, влияющим на выпуск электроэнергии, выступает показатель из диагональной ячейки матрицы прямых затрат отрасли (энергия в энергии). Доказано, что с 2007 г. этот индикатор отображает повторный счет в отрасли, а не физические потери электроэнергии. С учетом данного факта скорректированы условия экстенсивного роста электроэнергетики. По результатам расчета не выявлено явных и устойчивых признаков экстенсивного типа роста электроэнергетики в Китае в исследуемый период. Китайская электроэнергетика характеризуется преимущественно интенсивным типом роста, развивается на основе инноваций, и в данный момент не рассматривается как фактор, тормозящий экономический рост.

Ключевые слова: Китай; таблицы «затраты – выпуск»; электроэнергетика.

FACTOR ANALYSIS OF PRODUCTIVITY OF THE ENERGY SECTOR OF CHINA

A. A. BYKAU^a, WANG QIANG^b^aBelarus State Economic University, 26 Partyzanski Avenue, Minsk 220070, Belarus^bSinohydro Corporation Limited, 57b Surganova Street, Minsk 220100, Belarus

Corresponding author: A. A. Bykau (aliaksei.bykau@yandex.ru)

Abstract. A hypothesis has been formulated suggesting that the electric power industry could have developed extensively during China's period of rapid economic growth. The conditions for extensive economic growth in the electric power industry are outlined, including an increase in the contribution of labour and mineral resources to the cost of electricity

Образец цитирования:

Быков АА, Ван Цян. Факторный анализ производительности энергетического сектора Китая. *Журнал Белорусского государственного университета. Экономика.* 2026;1:131–143. EDN: UNBHVI

For citation:

Bykau AA, Wang Qiang. Factor analysis of productivity of the energy sector of China. *Journal of the Belarusian State University. Economics.* 2026;1:131–143. Russian. EDN: UNBHVI

Авторы:

Алексей Александрович Быков – доктор экономических наук, профессор; проректор по научной работе.
Ван Цян – генеральный представитель.

Authors:

Aliaksei A. Bykau, doctor of science (economics), full professor; vice-rector for research.
aliaksei.bykau@yandex.ru
Wang Qiang, general representative.

and an increase in the ratio of electricity services to gross domestic product. Data from China's tables «input – output» at current prices for the period from 1981 to 2018 is analysed. The cost structure of the industry «Electricity, gas, and water production and distribution» is assessed. It is assumed that approximately 82 % of the industry's final output is electricity. The key factor influencing electricity output is shown to be the diagonal of the industry's direct cost matrix (energy in energy). It has been demonstrated that since 2007, this indicator reflects double-counting in the industry rather than physical electricity losses. Taking this fact into account, the conditions for extensive growth in the electric power industry have been adjusted. The calculations revealed no clear and consistent signs of extensive growth in China's electric power industry during the study period. China's electric power industry is characterised primarily by intensive growth, is developing on the basis of innovation, and is not currently considered a factor hindering economic growth.

Keywords: China; tables «input – output»; electricity industry.

Введение

По данным Департамента энергетической статистики Национального бюро статистики Китая, за период с 1985 по 2021 г. китайская экономика выросла более чем в 20 раз, общее энергопотребление – почти в 7 раз, а производство и потребление электроэнергии увеличились в 20 раз¹. С 2000 по 2024 г. потребление электроэнергии в Китае выросло с 1,3 до 10,0 тыс. ТВт · ч. За тот же период мировое потребление электроэнергии выросло с 15 до 31 тыс. ТВт · ч. Таким образом, доля Китая в глобальном приросте спроса на электроэнергию в течение последних 25 лет составила 54 %². Расширение генерирующих мощностей в Китае происходило за счет строительства различных типов станций: тепловых электростанций (ТЭС) на угле и природном газе, атомных электростанций, станций, работающих на всех типах возобновляемых источников энергии, включая крупнейшие гидроэлектростанции. В последнее время происходит увеличение доли возобновляемых источников в объеме генерации энергии.

Китайский опыт обеспечения электроэнергией бурно растущей индустриальной экономики является беспрецедентным. Изучению этого опыта посвящено множество научных публикаций, в том числе белорусских авторов [1]. В данной работе будет проведен анализ производительности энергетического сектора Китая на основе оценки структуры затрат на производство электроэнергии в динамике по данным таблиц «затраты – выпуск».

Сформулируем базовую гипотезу исследования следующим образом. Под воздействием бурного развития промышленности Китая с относительно высоким удельным потреблением электроэнергии энергетический сектор до недавнего времени мог развиваться экстенсивным путем. Производительность факторов, используемых в производстве и распределении электроэнергии, могла снижаться на фоне роста объемов отрасли. Почему снижение производительности в электроэнергетике Китая вероятно? Во-первых, наиболее доступные и дешевые минеральные энергоресурсы (газ, уголь, нефть) ограничены. Во-вторых, усиление экологических требований приводит к росту затрат на очистку выбросов, что должно вызывать увеличение стоимости электроэнергии. В-третьих, крупнейшие электростанции в Китае удалены от крупнейших энергопотребителей, в результате могут вырасти потери электроэнергии в сетях. Для проверки гипотезы сформулируем условия экстенсивного и интенсивного роста электроэнергетики.

Условия интенсивного роста энергетического сектора

Экономика, как и любая ее отрасль, может увеличиваться интенсивно и экстенсивно. При экстенсивном росте объем выпускаемой продукции или услуг растет прямо пропорционально увеличению израсходованных факторов производства. Признаком интенсивного роста является снижение потребления производственных ресурсов в расчете на единицу выпускаемой продукции. Как известно, источником интенсивного роста выступают инновации.

Производственная функция для энергетического сектора имеет следующий вид:

$$eo = f(le, ne, ke, ae), \quad (1)$$

где eo – производство электроэнергии в текущих ценах, юани; le – затраты на оплату труда в стоимости производства электроэнергии в текущих ценах, юани; ne – затраты природных (минеральных) ресурсов (отечественных и импортных) в стоимости производства электроэнергии в текущих ценах, юани; ke – капитальные затраты в цепочке стоимости производства электроэнергии в текущих ценах, юани; ae – вклад технологий в выпуск энергии, юани.

¹Китайский статистический ежегодник по энергетике за 2022 г. / Департамент статистики энергетики, Нац. стат. бюро Китая. Пекин : Кит. стат. изд-во, 2022. 365 с. (на кит.)

²Global electricity review 2024 [Electronic resource] / Wiatros-Motyka M. [et al.]. London : Ember, 2024. 191 p. URL: <https://ember-energy.org/app/uploads/2024/05/Report-Global-Electricity-Review-2024.pdf> (date of access: 19.02.2026).

Сформулируем условия интенсивного типа развития энергетического сектора:

$$\frac{le_i}{eo_i} \leq \frac{le_0}{eo_0}, \quad (2)$$

$$\frac{ne_i}{eo_i} \leq \frac{ne_0}{eo_0}, \quad (3)$$

$$\frac{eo_i}{GDP_i} \leq \frac{eo_0}{GDP_0}, \quad (4)$$

где $\frac{le}{eo}$ – коэффициент затрат на оплату труда в цене произведенной электроэнергии; $\frac{ne}{eo}$ – коэффициент затрат на минеральные продукты (газ, уголь, нефть) в цене произведенной электроэнергии; GDP – ВВП в текущих ценах, юани; $i > 0$ – период времени.

Поясним смысл условий интенсивного роста электроэнергетики.

1. С течением времени доля затрат на оплату труда le в расчете на единицу выпуска электроэнергии должна снижаться за счет роста производительности. Этот показатель важен в будущем: численность населения и трудовых ресурсов Китая сокращается, и эта тенденция в перспективе усилится.

2. Постепенно доля затрат на минеральное отечественное и импортное сырье ne , необходимое для выпуска электроэнергии, должна снижаться. Поскольку минеральное сырье (газ, уголь, нефть) является источником выбросов CO_2 и основным загрязнителем, снижение производства и потребления минерального топлива при выработке электроэнергии является важным индикатором достижения целей устойчивого развития. Кроме того, в Китае недостаточно собственных минеральных энергоресурсов для удовлетворения спроса, часть минерального сырья импортируется, что ставит конкурентоспособность энергетического сектора в зависимость от мировых цен на энергоресурсы положение и увеличивает риски срыва их поставок.

3. Электроэнергетика является обеспечивающей отраслью экономики, поставляющей электроэнергию в другие отрасли. Интенсивный тип развития экономики в целом может обеспечиваться через снижение удельного потребления производственных ресурсов, в том числе за счет снижения удельного энергопотребления. В этом случае доля затрат труда и минерального сырья в стоимости электроэнергии может и не снижаться, если будет уменьшаться энергопотребление в расчете на 1 юань ВВП.

Другими словами, если не соблюдаются условия (2) и (3), то должно соблюдаться хотя бы условие (4), при котором признаком интенсивного типа роста является отсутствие роста энергопотребления в расчете на 1 юань ВВП. Если же не соблюдается ни одно из условий, энергетический сектор развивается на экстенсивной основе за счет вовлечения в процесс производства электроэнергии большого количества ограниченных факторов производства (труда и минеральных ресурсов), что проявляется в увеличении энергоемкости ВВП.

Как правило, при оценках энергоемкости ВВП в числителе показателей условия (4) указывают энергопотребление в физических единицах (кВт · ч), а в знаменателе – энергопотребление в денежных единицах. Такой подход требует приведения денежных показателей к сопоставимым ценам. Не исключен также вариант расчета, при котором энергопотребление оценивают в денежных единицах, так же как и затраты труда, минерального топлива и других производственных ресурсов в электроэнергетике. В этом случае условия (2)–(4) не теряют своего экономического смысла.

Допустим, энергопотребление в денежном измерении в расчете на 1 юань ВВП растет. Следовательно, стоимость электроэнергии увеличивается быстрее, чем добавленная стоимость прочих отраслей экономики; доля отрасли электроэнергетики в экономике увеличивается. Такая ситуация может возникнуть, если расширять электрогенерацию за счет строительства станций, работающих на возобновляемых источниках энергии, срок окупаемости которых превышает нормативы. Если энергия с каждым годом будет стоить все дороже из-за высоких инвестиционных затрат, опережая рост цен в прочих отраслях, то конкурентоспособность потребителей электроэнергии снизится. При расчетах энергопотребления в натуральных единицах подобные особенности не в каждом случае будут заметны. Возникает вопрос: как рассчитать показатели (1)–(4) в денежных единицах?

Расчет показателей энергетического сектора на основе таблиц «затраты – выпуск»

Таблицы «затраты – выпуск» широко используются в межотраслевом анализе и прогнозирования развития экономики. Сильные стороны данного инструмента базируются на обобщении показателей

Системы национальных счетов, что позволяет оценивать взаимосвязи между конечным и промежуточным спросом, экспортом и импортом, созданием и использованием добавленной стоимости. Применение данного инструментария для прогнозирования спроса на электроэнергию обосновано на примерах Китая [2] и Японии [3], для прогнозирования спроса на топливно-энергетические ресурсы – на примере Саудовской Аравии [4]. Межрегиональные таблицы «затраты – выпуск» применяются также для оценки углеродного следа на основе анализа производства и потребления минерального топлива в различных странах [5].

Предлагаемый подход не лишен недостатков. Во-первых, отрасль экономики в таблицах «затраты – выпуск», в состав которой входит электроэнергетика, называется «Производство и распределение электроэнергии, газа и воды». Нет четкого разграничения между объемами собственно электроэнергии и объемами водо-, газо- и теплоснабжения. Известно, что в Китае электроэнергетика доминирует в составе отрасли, и ее доля составляет не менее 82 % ее стоимостных показателей.

В китайской электроэнергетике преобладают ТЭС, но нет подробных сведений о том, какая доля ТЭС является теплоэлектроцентралями, а какая – станциями конденсационного типа. К централизованному отоплению подключены около 12 % зданий во всем Китае. Теплоэлектроцентрали отпускают потребителям наряду с электроэнергией также горячую воду и пар для отопления, в стоимость этих продуктов включена часть затрат отрасли. В то же время отпуск горячей воды и пара осуществляется в отопительный сезон, длительность которого в различных регионах отличается и меняется год от года. В итоге невозможно точно оценить, какова доля именно электроэнергии в структуре промежуточного и конечного спроса на услуги отрасли «Производство и распределение электроэнергии, газа и воды». В дальнейших расчетах будет использоваться среднестатистическая величина этого показателя (82 %).

Во-вторых, таблицы «затраты – выпуск» составляются в денежных единицах в основных ценах, и по их данным невозможно определить, какие факторы (физические объемы или цены) вызвали изменения показателей. Иными словами, мы не можем оценивать изменения физических объемов потребления электроэнергии с помощью данного инструментария.

Целью настоящей статьи является оценка структуры добавленной стоимости и промежуточных затрат в электроэнергетике Китая, а также сопоставление выбранных показателей с ВВП в текущих ценах для выявления признаков экстенсивного или интенсивного роста в китайской электроэнергетике. Для расчета показателей использованы таблицы «затраты – выпуск» Китая за период с 1981 по 2018 г. [6]. Данные каждого года представлены в единой классической таблице, в которой нет разделения промежуточных затрат на отечественные и импортные, а импорт представлен в виде вектор-столбца в квадранте конечного спроса. Размерность блока промежуточного потребления составляет 18×18 отраслей. Отрасль «Производство и распределение электроэнергии, газа и воды» представлена под номером 11. Отрасль «Минеральные продукты», которые включают как энергетические, так и неэнергетические природные ресурсы, представлена под номером 2. В матрице такого формата можно рассчитать коэффициенты полных и прямых затрат на все продукты, включая энергетические, без разделения на отечественную и импортную составляющие, поскольку в таблицах не представлены ни самостоятельные матрицы для отечественных и импортных промежуточных затрат, ни отдельная вектор-строка промежуточного импорта [6].

Баланс спроса и предложения электроэнергии основан на базовом тождестве Леонтьева, постулирующим равенство ресурсов и их использования, при котором производство (или выпуск) каждого вида продукции равно сумме конечного и промежуточного спроса за вычетом импорта.

Согласно формуле (5) предложение электроэнергии равно ее выпуску eo . Спрос на электроэнергию включает конечный спрос на услуги отрасли «Производство и распределение электроэнергии, газа и воды», равный efd , а также промежуточный, равный сумме элементов строки 11 первого квадранта таблицы «затраты – выпуск». Промежуточный спрос на электроэнергию равен сумме ее промежуточного

потребления всеми отраслями $\sum_{i=1}^{18} eid_i$:

$$eo = \sum_{i=1}^{18} eid_i + efd - ei, \quad (5)$$

где eid_i – промежуточный спрос со стороны каждой отрасли i на услуги отрасли «Производство и распределение электроэнергии, газа и воды», юани; efd – конечный спрос на услуги отрасли «Производство и распределение электроэнергии, газа и воды» (включая экспорт), юани; ei – импорт электроэнергии, юани.

Если спрос на товары или услуги определенной отрасли представлен строкой таблиц «затраты – выпуск», то структура затрат отражена в соответствующем столбце. Структура затрат включает в себя добавленную стоимость и промежуточные затраты:

$$eo = vae + \sum_{j=1}^{18} eip_j,$$

где vae – создаваемая в отрасли «Производство и распределение электроэнергии, газа и воды» добавленная стоимость, юани; eip_j – промежуточные затраты отрасли «Производство и распределение электроэнергии, газа и воды» на каждую входящую в структуру промежуточных затрат отрасль j , юани.

Простейшим примером преобразований данных в таблицах «затраты – выпуск» является расчет коэффициентов прямых затрат, которые показывают отношения отдельных элементов промежуточных затрат к выпуску продукции в каждой отрасли. В сумме коэффициенты прямых затрат и отношение составляющих валовой добавленной стоимости (ВДС) (оплаты труда, прибыли, амортизации и налогов) к выпуску равны единице:

$$\sum_{j=1}^{18} \frac{eip_j}{eo} + \frac{vae}{eo} = \sum_{j=1}^{18} \frac{eip_j}{eo} + \left(\frac{l}{eo} + \frac{p-d-t}{eo} \right) = 1.$$

Расчет коэффициентов прямых затрат по данным за 2018 г. показан в таблице. В таблице выделены только две отрасли – отрасль «Производство и распределение электроэнергии, газа и воды» и наиболее тесно связанная с ней отрасль «Минеральная продукция», которая включает минеральные энергоресурсы, потребляемые в электроэнергетике.

Коэффициенты таблиц «затраты – выпуск» для отраслей «Производство и распределение электроэнергии, газа и воды» и «Минеральная продукция» по данным за 2018 г.

Coefficients of the tables «input – output» for the industries «Production and distribution of electricity, gas and water» and «Mineral products» according to data for 2018

Отрасли	Отрасли	
	Минеральная продукция (отрасль 2)	Производство и распределение электроэнергии, газа и воды (отрасль 11)
Минеральная продукция (отрасль 2)	0,12	0,17
Производство и распределение электроэнергии, газа и воды (отрасль 11)	0,05	0,28
Отношение НДС к выпуску ($\frac{va}{o}$)	0,68	0,32
Отношение затрат труда к выпуску ($\frac{l}{o}$)	0,09	0,10
Отношение прибыли, амортизации, налогов к выпуску ($\frac{p-d-t}{o}$)	0,12	0,22
Отношение импорта к выпуску	0,52	0,00

Примечание. Составлено на основе данных источника [6].

В таблице на пересечении отраслей показаны коэффициенты прямых затрат. Например, коэффициент 0,12 на пересечении отрасли 2 с отраслью 2 означает, что на 1 юань выпуска минеральных продуктов приходится 0,12 юаней промежуточного потребления минеральных продуктов. Коэффициент 0,17 на пересечении отрасли 11 с отраслью 2 означает, что на 1 юань произведенной электроэнергии расходуется 0,17 юаней минеральных продуктов. Как видно из таблицы, электроэнергия расходуется на производство самой электроэнергии, а также на производство минеральных продуктов, которые вновь расходуются на производство электроэнергии.

В нижней части таблицы рассчитаны коэффициенты, отражающие структуру добавленной стоимости для отраслей 2 и 11, и отношение импорта к выпуску. Коэффициент $\frac{va}{o}$, равный $1 - \frac{l}{o}$, показывает долю НДС данной отрасли в цене ее продукции. Коэффициент $1 - \frac{l}{o}$ в каждом столбце равен отношению значения показателя «Компенсация работникам» (нижний квадрант таблиц «затраты – выпуск» из блока расчета НДС) к итоговой строке выпуска.

Для выпуска 1 юаня электроэнергии потребуется 0,10 юаней затрат на оплату труда и 0,22 юаней прибыли, амортизации и налогов. Следовательно, на 1 юань выпуска электроэнергии создается 0,32 юаня добавленной стоимости и расходуется 0,68 юаней промежуточных затрат.

Дополнительно в последней строке таблицы показано отношение импорта некоторых видов продукции к их выпуску. Для масштабов китайской экономики экспорт и импорт электроэнергии являются пренебрежимо малыми величинами, чего нельзя сказать о минеральных продуктах: в отчетном году импортировалось 52 % минеральных продуктов.

Сопоставление данных таблицы с условиями (2)–(4) позволяет получить следующие результаты:

1) показатель $\frac{le}{eo}$, равный отношению затрат на оплату труда к выпуску электроэнергии, составляет 0,10;

2) показатель $\frac{ne}{eo}$, равный отношению промежуточных затрат на минеральные продукты к выпуску электроэнергии, составляет 0,17. В то же время можно разделить потребленные минеральные ресурсы на отечественные и импортные согласно приведенному в последней строке таблицы коэффициенту. Промежуточные затраты импортного минерального топлива на выработку электроэнергии составляют приблизительно 0,09, а затраты отечественного топлива равны 0,08;

3) показатель $\frac{eo}{GDP}$, равный отношению выпуска электроэнергии к сумме добавленной стоимости с учетом налогов по всем отраслям экономики, составляет 0,08.

Расчет показателей энергоемкости ВВП и структуры затрат в стоимости электроэнергии в динамике (итерация 1)

Используя данные за 1981–2018 гг., рассчитаем показатели $\frac{eo}{GDP}$, $\frac{le}{eo}$ и $\frac{ne}{eo}$ в динамике. На рис. 1 показаны изменения показателя $\frac{eo}{GDP}$ в течение исследуемого периода, а также отношение наиболее значимых составляющих стоимости электроэнергии (le , ne) и других составляющих к ВВП. На рис. 2 показана динамика структуры стоимости электроэнергии, включая изменения показателей $\frac{le}{eo}$, $\frac{ne}{eo}$ и других значимых составляющих.

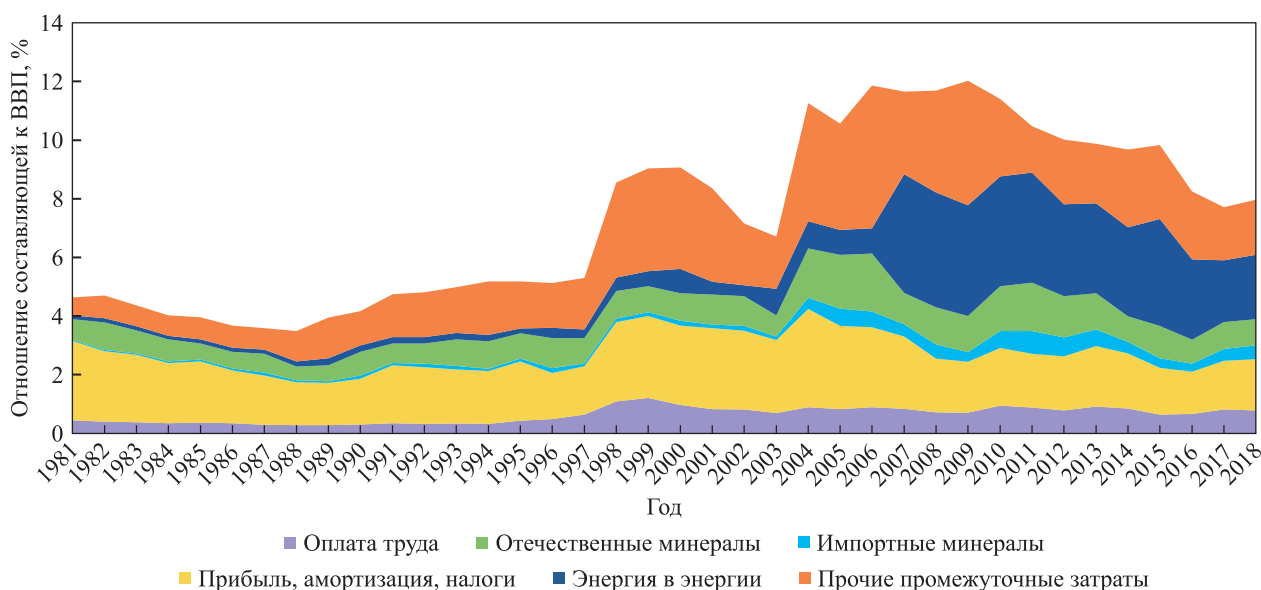


Рис. 1. Динамика отношения составляющих выпуска электроэнергии к ВВП в 1981–2018 гг. (составлено на основе данных источника [6])

Fig. 1. Dynamics of the ratio of electricity output to gross domestic product in 1981–2018. (compiled based on data from source [6])

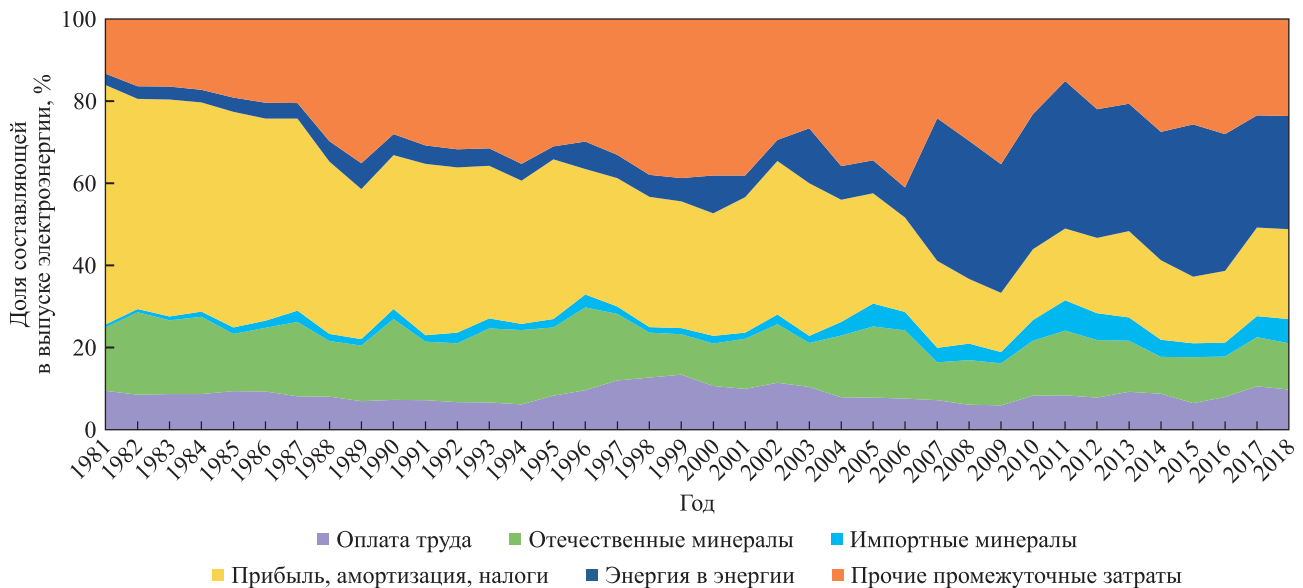


Рис. 2. Динамика структуры выпуска электроэнергии в 1981–2018 гг.
(составлено на основе данных источника [6])

Fig. 2. Dynamics of the structure of electricity output in 1981–2018.
(compiled based on data from source [6])

Как видно из рис. 1 и 2, условия интенсивного типа роста электроэнергетики (2) и (3) в целом выполняются: доля затрат на оплату труда в выпуске электроэнергии в течение 36 лет находилась на уровне 6–10 % и не росла. Доля отечественных минеральных продуктов сократилась в среднем с 15 до 11 % от выпуска, при этом доля импортных минеральных продуктов выросла с 1 до 6 % от выпуска. В сумме затраты на оплату труда и минеральные продукты составляли примерно 25 % от выпуска.

В то же время общая доля выпуска услуг электроэнергетики в ВВП увеличивалась с 4 % (середина 1980-х гг.) до 12 % (2009), затем снизилась до 8 % (2018). В целом именно динамика показателя $\frac{eo}{GDP}$ является основным свидетельством несоответствия набора показателей условиям (2)–(4). Доля выпуска электроэнергии в ВВП выросла, что не позволяет назвать тип экономического роста в электроэнергетике интенсивным.

На основе анализа временных рядов после составления корреляционной матрицы и отбора релевантных показателей получено регрессионное уравнение

$$\frac{p_d_t}{eo} = 0,545* - 0,021* \cdot \frac{eo}{GDP} - 0,005* \cdot \frac{eip_{11}}{eo}, R^2 = 0,82, DW = 0,61, \quad (6)$$

где p_d_t – чистая прибыль, амортизация (потребление основного капитала) и чистые налоги в добавленной стоимости отрасли «Производство и распределение электроэнергии, газа и воды», юани; eo – выпуск отрасли «Производство и распределение электроэнергии, газа и воды», юани; eip_{11} – промежуточное потребление электроэнергии в структуре промежуточных затрат на производство электроэнергии (энергия в энергии), юани; знаком * отмечены показатели, статистически значимые при $p < 0,001$.

Уравнение (6) связывает показатель «маржинальность» энергетического сектора ($\frac{p_d_t}{eo}$) с двумя значимыми факторами: 1) долей выпуска электроэнергии в ВВП ($\frac{eo}{GDP}$); 2) долей промежуточного потребления электроэнергии в стоимости выпуска услуг электроэнергетики ($\frac{eip_{11}}{eo}$). Маржинальность энергетического сектора определяется как доля чистой прибыли, амортизации и налогов в выпуске энергии. Именно этот показатель должен характеризовать влияние затрат капитала и технологических факторов на объем производства продукции. Более высокий вклад перечисленных факторов является признаком интенсивного типа роста отрасли. Маржинальность связана отрицательной статистической зависимостью с двумя другими показателями (отношение энергии в энергии к выпуску

электроэнергии и стоимость выпуска электроэнергии к ВВП). Если расценивать коэффициент «энергия в энергии» как потери, тогда его рост действительно ведет к снижению маржинальности отрасли и приближает тип экономического роста отрасли к экстенсивному. Увеличение стоимости выпуска электроэнергии к ВВП также является признаком экстенсивного роста отрасли, что было обозначено в условиях (2)–(4), и ведет к снижению маржинальности отрасли. Как объяснить данный факт?

При росте показателя $\frac{eo}{GDP}$ снижается ценовая конкурентоспособность продукции, для производства которой используется электроэнергия. Рост цены электроэнергии ограничен, и маржинальность не может быть высокой, иначе потребляющие электроэнергию отрасли окажутся неконкурентоспособными.

Коэффициент детерминации в модели достаточно высок, как и уровни значимости коэффициентов при переменных, однако в модели присутствует ярко выраженная положительная автокорреляция остатков, о чем свидетельствует критерий Дарбина – Уотсона (0,61). При столь высокой автокорреляции остатков можно заключить, что модель непригодна для анализа и прогнозирования. Попытки скорректировать модель, использовать вместо абсолютных показателей приростные не привели к удовлетворительному результату.

Таким образом, гипотеза о том, что на уровень маржинальности в электроэнергетике влияют показатели промежуточного потребления электроэнергии в ее производстве, а также отношение выпуска электроэнергии к ВВП, отвергается. Нужно искать другие факторы, влияющие на изменение данного показателя. Для этого в первую очередь следует проанализировать экономический смысл значений промежуточного потребления электроэнергии в ее производстве в таблицах «затраты – выпуск».

Значение в диагональной ячейке матрицы промежуточных затрат: потери или повторный счет?

Из-за чего выросла стоимость выпуска электроэнергии в Китае, если не за счет затрат на оплату труда и приобретение минерального топлива? Наиболее значимой статьей промежуточных затрат, которая увеличилась с 7 % от выпуска (2006) до 34 % (2007) и далее оставалась на относительно высоком уровне, стали промежуточные затраты на услуги отрасли «Производство и распределение электроэнергии, газа и воды», которая на графиках обозначена как энергия в энергии. Речь идет о диагональной ячейке матрицы промежуточных затрат, в которой показаны расходы товаров или услуг исследуемой отрасли на выпуск ее товаров и услуг.

В зависимости от выбранной отрасли причины высоких значений в диагональной ячейке могут быть разными. Как правило, этот показатель увеличивается в технологически и организационно сложных отраслях экономики, когда производство конечной продукции связывает множество предприятий в длинные технологические цепочки. Например, в диагональной ячейке матрицы промежуточных затрат для сельского хозяйства могут отражаться затраты на семена в растениеводстве, на потребление продукции растениеводства, в частности потребление кормов в животноводстве. При построении матрицы для пищевой промышленности в данную ячейку попадают затраты на полуфабрикаты (например, мука для выпечки хлеба), при построении матрицы для машиностроения – затраты на промежуточные изделия, изготовленные сторонними организациями (например, двигатели и другие части машин, интегральные микросхемы).

В рассматриваемую ячейку матрицы промежуточных затрат для электроэнергетики могут быть включены затраты электроэнергии на собственные нужды генерирующих станций, а также потери в сетях, возникающие в процессе передачи и преобразования электроэнергии. Если диагональная ячейка включает потери электроэнергии, эта величина переносится на стоимость той электроэнергии, которая поставляется конечному потребителю. Поскольку в таблицах «затраты – выпуск» используются стоимостные, а не натуральные показатели, в стоимостном выражении 1 кВт·ч произведенной электроэнергии, обозначенной в ячейке выпуска, окажется дешевле, чем 1 кВт·ч потребленной энергии. Тогда вся стоимость потерь, отраженных в диагональной ячейке, включается в себестоимость доставленной потребителю электроэнергии. Однако предполагается, что физический объем произведенной энергии превышает объем энергии, доставленной конечным потребителям.

В диагональную ячейку могут включаться не только потери, но и повторный счет, возникающий при преобразовании энергии (например, электроэнергии в тепловую энергию), а также при разделении юридических лиц на генерирующие компании, отпускающие энергию в сеть, и электросети, доставляющие ее потребителям. При повторном счете потребителю доставляется примерно столько же электроэнергии, сколько электростанции отпускают в сеть, и значение показателя «энергия в энергии» не включается в стоимость потребленной электроэнергии.

С точки зрения экономической оценки структуры затрат электроэнергии существенным вопросом является определение типа показателя в диагональной ячейке (потери или повторный счет). Если в диагональной ячейке обозначены потери, тогда стоимость 1 кВт · ч выпуска энергии окажется меньше стоимости 1 кВт · ч конечного потребления энергии, а также ее промежуточного потребления во всех отраслях, за исключением показателя из диагональной ячейки. При оценке энергоемкости экономики сопоставление стоимости выпуска электроэнергии с ВВП имеет экономический смысл, так как вся стоимость выпуска переносится на стоимость потребления электроэнергии.

Если же в диагональной ячейке отражен повторный счет, стоимость 1 кВт · ч произведенной и потребленной энергии будет примерно одинаковой, а соотношение выпуска в таблицах «затраты – выпуск» и производства электроэнергии брутто в физических единицах может превышать реальную стоимость 1 кВт · ч из-за повторного счета. Однако в этом случае показатели выпуска электроэнергии и ВВП несопоставимы. Для оценки энергоемкости экономики нужно из стоимости выпуска электроэнергии вычесть значение энергии в энергии, чтобы исключить повторный счет.

Для оценки стоимости 1 кВт · ч электроэнергии, а также сопоставления физических потерь в электроэнергетике Китая с показателями из диагональных ячеек таблиц «затраты – выпуск» использованы показатели баланса электроэнергии Китая, опубликованные в издании [7] и дополненные более свежими данными³. В издании [7] приводятся данные за 1992–2022 гг., чего вполне достаточно для сопоставления с показателями таблиц «затраты – выпуск» за 1981–2018 гг. Динамика оцениваемых показателей показана на рис. 3.



Рис. 3. Сопоставление показателей таблиц «затраты – выпуск» и энергетического баланса Китая за 1992–2018 гг. (составлено на основе данных источников [6; 7])

Fig. 3. Comparison of the indicators of the tables «input – output» and the energy balance of China for 1992–2018 (compiled based on data from sources [6; 7])

Показатели рис. 3 свидетельствуют о том, что в диагональной ячейке показателя «энергия в энергии» начиная с 2007 г. отражался повторный счет, а не потери. Показатели, рассчитанные до 2007 г., могли включать повторный счет. Данное утверждение основано на следующих доказательствах:

- 1) с 2007 г. расчетная цена произведенной электроэнергии превышает расчетную цену электроэнергии, потребленной в отраслях экономики;
- 2) физические потери в китайской электроэнергетике стабильны и составляют 0,15 % от ее производства;

³Энергетический профиль Китая // Единая энергетическая система Евразийской экономической комиссии : сайт. URL: <https://www.eeseaec.org/energetika-azii-i-okeanii/energeticeskij-profil-kitaa> (дата обращения: 10.02.2026).

3) относительный показатель «энергия в энергии» таблиц «затраты – выпуск» резко увеличился с 0,05–0,10 % от выпуска (период до 2007 г.) до 0,30–0,35 % от выпуска (период после 2007 г.);

4) корреляция между показателем «энергия в энергии» и реальными физическими потерями отрицательная.

Реальные физические потери электроэнергии, включающие потребление электроэнергии на собственные нужды электростанций, а также потери в сетях при передаче и преобразовании, могли отражаться в соответствующей диагональной ячейке таблиц «затраты – выпуск» в период с 1992 по 2006 г. С 2007 г. в этой ячейке обозначен повторный счет электроэнергии, который на 30–35 % увеличивает денежный показатель выпуска без реального роста физических потоков электроэнергии.

Увеличение значений в диагональной ячейке показателя «энергия в энергии» после 2006 г. связано, вероятнее всего, с изменением правил заполнения бухгалтерской и статистической отчетности в Китае в этот период. До 2007 г. в целях стимулирования международных инвестиций в Китае действовали две параллельные системы финансовой отчетности: 1) система для внутренних инвесторов, основанная на китайских стандартах бухгалтерского учета (*Chinese generally accepted accounting principles*); 2) система для международных инвесторов, основанная на международных стандартах финансовой отчетности (*international financial reporting standards*). В 2007 г., после серии реформ, направленных на гармонизацию китайских стандартов бухгалтерского учета с международными, эти системы были заменены единым набором стандартов для обеих категорий инвесторов [8].

Статистические данные о потреблении энергии в Китае были пересмотрены в сторону увеличения. В частности, в статистику энергопотребления были включены ранее недоучтенные потоки энергии внутри топливно-энергетического комплекса, в том числе потоки внутри малых и средних предприятий, что формально завысило выпуск электроэнергии [9].

Перечисленные изменения бухгалтерской и статистической отчетности энергетического сектора Китая отразились на показателях Системы национальных счетов и таблиц «затраты – выпуск», показатели которых представлены в денежном эквиваленте. Однако изменений в движении физических потоков электроэнергии не произошло.

Расчет показателей структуры затрат и энергоемкости на основе чистого спроса на электроэнергию (итерация 2)

Рассчитаем чистый спрос на услуги электроэнергетики без повторного счета, который равен разнице чистого предложения электроэнергии и повторного счета. В расчете учтена только отечественная электроэнергия, поскольку объемы ее экспорта и импорта для Китая пренебрежимо малы:

$$ned = eo - eip_{11} = \sum_{i=1}^{18} eid_i - eid_{11} + efd, \quad eid_{11} = eip_{11}, \quad (7)$$

где ned – чистый спрос на электроэнергию, юани; eip_{11} – промежуточное потребление электроэнергии в структуре промежуточных затрат на производство электроэнергии (диагональная ячейка матрицы промежуточных затрат), юани; eid_i – промежуточный спрос на электроэнергию со стороны отрасли i , юани; eid_{11} – промежуточный спрос на электроэнергию со стороны отрасли «Производство и распределение электроэнергии, газа и воды» (диагональная ячейка матрицы промежуточных затрат), юани; efd – конечный спрос на электроэнергию, юани.

Сформулируем условия (2)–(4) без повторного счета, заменив показатель выпуска электроэнергии eo на показатель чистого спроса или чистого предложения электроэнергии без повторного счета ned :

$$\frac{le_i}{ned_i} \leq \frac{le_0}{ned_0}, \quad (8)$$

$$\frac{ne_i}{ned_i} \leq \frac{ne_0}{ned_0}, \quad (9)$$

$$\frac{ned_i}{GDP_i} \leq \frac{ned_0}{GDP_0}. \quad (10)$$

Результаты стоимостной оценки доли чистого спроса на электроэнергию в ВВП, а также вклада труда, минеральных ресурсов и прочих факторов в стоимость чистого спроса на электроэнергию в динамике показаны на рис. 4 и 5. В соответствии с формулой (7) сумма затрат и прибыли на производство электроэнергии без повторного счета равна стоимости чистого спроса на электроэнергию.

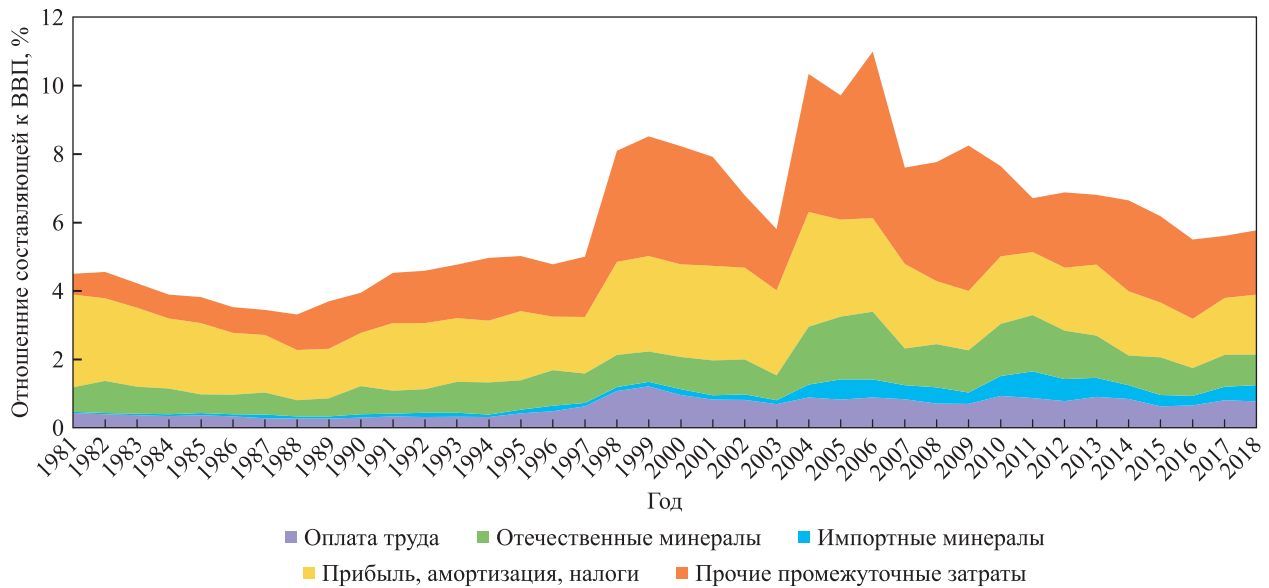


Рис. 4. Динамика отношения составляющих чистого спроса на электроэнергию к ВВП в 1981–2018 гг.
(составлено на основе данных источника [6])

Fig. 4. Dynamics of the ratio of net demand for electricity to gross domestic product in 1981–2018.
(compiled based on data from source [6])

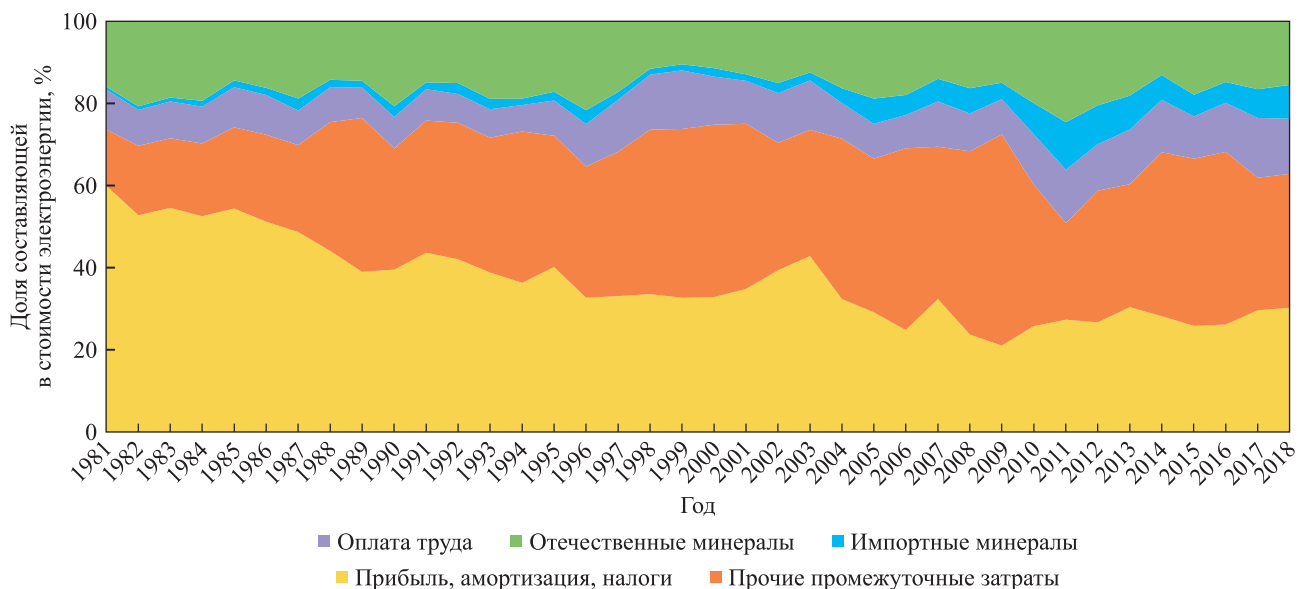


Рис. 5. Динамика структуры затрат на производство электроэнергии в расчете на 100 юаней чистого спроса в 1981–2018 гг.
(составлено на основе данных источника [6])

Fig. 5. Dynamics of the structure of electricity production costs per 100 yuan of net demand in 1981–2018.
(compiled based on data from source [6])

На протяжении периода исследования доля оплаты труда в стоимости чистого спроса на услуги отрасли изменялась с 6 до 15 юаней, доля минеральной продукции – с 15 до 36 юаней. В совокупности вклад обозначенных факторов составил 24–49 % от чистого спроса на электроэнергию. Тенденция к росту вклада обозначенных факторов в стоимость электроэнергии существует, но она не является статистически значимой (см. рис. 5).

В свою очередь, пиковые значения показателя $\frac{ned}{GDP}$ приходятся на 1998–2006 гг., в дальнейшем показатель снизился вдвое (см. рис. 4). В течение периода исследования в целом показатель увеличился,

но статистически значимым его рост назвать нельзя. Если рассматривать совокупность условий (8)–(10) в течение периода исследования, то можно заметить, что либо выполнялись условия (8) и (9) (до 2007 и после 2011 г.), либо выполнялось условие (10) (после 2006 г.); нет периода времени, когда условия (8)–(10) одновременно не выполнялись. Следовательно, рост электроэнергетического сектора Китая в целом носит скорее интенсивный, нежели экстенсивный характер (рис. 6).

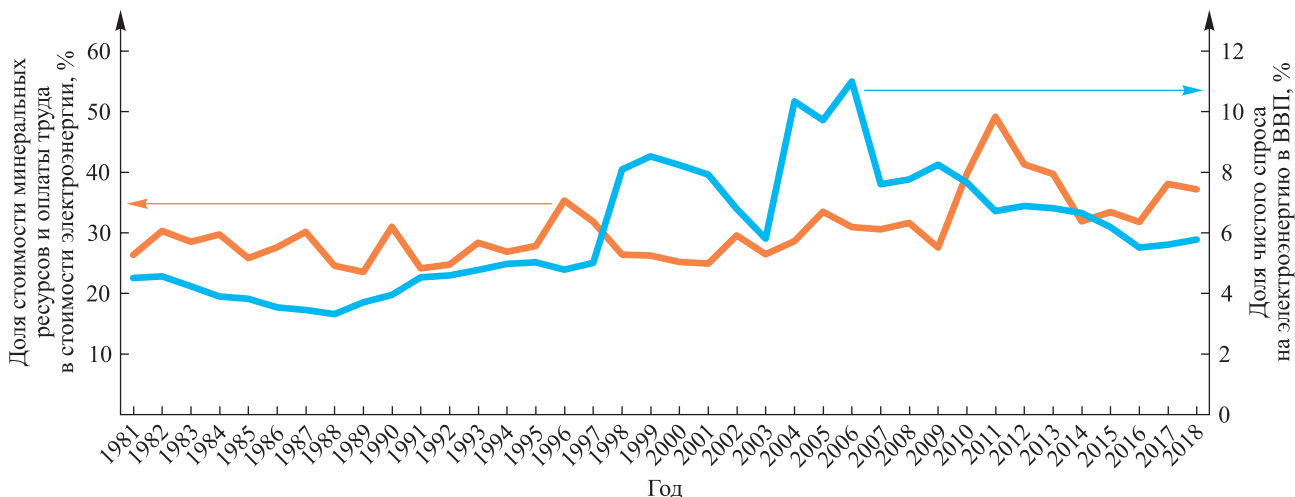


Рис. 6. Выполнение условий (8)–(10) для китайской электроэнергетики в 1981–2018 гг. (составлено на основе данных источника [6])

Fig. 6. Fulfillment conditions (8)–(10) for the Chinese electric power industry in 1981–2018. (compiled based on data from source [6])

По данным во временных рядах после построения корреляционной матрицы и отбора релевантных показателей построено регрессионное уравнение, характеризующее статистическую связь маржинальности электроэнергетики с другими статистически значимыми факторами. Оно имеет следующий вид:

$$\frac{p \cdot d \cdot t}{ned} = 0,709* - 0,019* \cdot \frac{nie}{ned} - 0,008* \cdot \frac{oie}{ned}, R^2 = 0,96, DW = 1,35, \quad (11)$$

где *nie* – промежуточные затраты на импортные минеральные продукты в стоимости электроэнергии, юани; *oie* – прочие промежуточные затраты в стоимости электроэнергии (за исключением затрат на минеральные продукты и энергии в энергии), юани; знаком * отмечены показатели, статистически значимые при $p < 0,001$. Согласно полученному значению критерия Дарбина – Уотсона наличие автокорреляции остатков не доказано и не отвергнуто. Остальные критерии качества уравнения (11) в норме.

Экономический смысл уравнения (11) тривиален: чтобы повысить маржинальность электроэнергетики, нужно снизить затраты на импортное минеральное топливо, а также прочие промежуточные затраты в структуре стоимости электроэнергии. К последним можно отнести затраты на финансовые, информационные, телекоммуникационные и транспортные услуги сторонних организаций, затраты на машины, оборудование и электронику.

Заключение

На основе полученных данных можно сделать несколько выводов.

1. Базовая гипотеза не подтверждается: не выявлено явных и устойчивых признаков экстенсивного типа роста электроэнергетики в Китае в исследуемый период времени. За 1981–2018 гг. либо рост вклада труда и минерального топлива в расчете на 1 юань потребленной в экономике электроэнергии сопровождался снижением доли потребленной электроэнергии по отношению к ВВП, либо рост доли потребленной электроэнергии по отношению к ВВП проходил на фоне неизменного вклада труда и минеральных ресурсов в стоимость электроэнергии. С 2011 г. оба показателя снижались.

2. Китайская экономика благополучно преодолела «болезнь роста» в электроэнергетике, период которой пришелся на 1998–2011 гг. В это время доля затрат на электроэнергию в ВВП достигала пиковых 11 %, затем она снизилась почти вдвое. Возможно, цены на электроэнергию в Китае, как и цены на первичные энергоресурсы во всем мире, в это время росли быстрее, чем цены на прочую продукцию. Кроме того, в течение данного периода проходил бурный рост промышленности и строительства, в том числе благодаря инвестициям в электроэнергетику, поэтому доля отрасли в ВВП временно выросла.

3. Вывод о том, что китайская электроэнергетика характеризуется преимущественно интенсивным типом роста и развивается на основе инноваций, важен не только с научно-теоретической, но и с практической точки зрения. Сейчас электроэнергетика не рассматривается ограничивающим фактором, тормозящим экономический рост в Китае. Несоблюдение условий (8)–(10) в течение длительного времени явно указывало бы на экстенсивный характер роста отрасли, который ввиду ограниченности природных и трудовых ресурсов, а также масштабов отрасли мог существенно ограничить рост китайской экономики. Не исключено, что увеличение ВВП в Китае будет замедляться, но определенно на текущем этапе можно утверждать, что электроэнергетика не является фактором такого замедления. Постоянная технологическая модернизация отрасли, расширение использования возобновляемых источников энергии позволяют сдерживать цены на электроэнергию и не увеличивать долю импортного минерального топлива в структуре затрат.

4. Изначальное предположение о том, что диагональный элемент таблиц «затраты – выпуск» показателя «энергия в энергии» отражает потери электроэнергии и ее потребление на нужды отрасли, оказалось ошибочным. Не исключено, что признаком данного ошибочного допущения стала высокая автокорреляция остатков в регрессионном уравнении (6). С 2007 г. показатель «энергия в энергии» в диагонали таблиц «затраты – выпуск» отражает повторный счет. Следовательно, для оценки доли отрасли «Производство и распределение электроэнергии, газа и воды» в экономике мы не можем использовать показатель выпуска электроэнергии, а должны исключить из выпуска повторный счет, обозначенный в показателе «энергия в энергии», получив величину чистого спроса на электроэнергию в производственном и потребительском секторах.

5. Как правило, при анализе таблиц «затраты – выпуск» рассчитывают коэффициенты полных затрат, что можно было бы сделать и в данном примере. Однако тогда возникнет другой вид повторного счета, и из расчетов пропадет логика. Используя коэффициенты прямых затрат, можно однозначно оценить вклад труда, минеральных ресурсов и других статей затрат в стоимость произведенной продукции. Если использовать коэффициенты полных затрат, то затраты на оплату труда в исследуемой отрасли суммируются с затратами на оплату труда в отрасли, поставляющей свою продукцию в качестве промежуточной для исследуемой отрасли. Например, стоимость потребляемого минерального топлива также состоит из затрат труда, прибыли, налогов и т. д., в результате возникает повторный счет.

Более того, рассмотренный пример показывает, что труд шахтеров, добывающих уголь для электростанций, постепенно замещался трудом финансистов, бизнес-аналитиков, промышленного персонала, которые участвовали в производстве промежуточных товаров и услуг для электроэнергетики. Такая динамика изменения структуры затрат отрасли на фоне увеличения производительности является примером интенсивного экономического роста.

Библиографические ссылки

1. Зорина ТГ, Чжуси Ян. Применение асимптотической теории вероятностей экстремальных значений в прогнозировании энергетических рисков Китая. *Вестник Брестского государственного технического университета*. 2024;3:139–144. DOI: 10.36773/1818-1112-2024-135-3-139-144.
2. Mu T, Xia Q, Kang C. Input – output table of electricity demand and its application. *Energy*. 2010;35(1):326–331. DOI: 10.1016/j.energy.2009.09.024.
3. Nakano S, Arai S, Washizu A. Economic impacts of Japan's renewable energy sector and the feed-in tariff system: using an input – output table to analyse a next-generation energy system. *Environmental Economics and Policy Studies*. 2017;19:555–580. DOI: 10.1007/s10018-016-0158-1.
4. Pruitichaiwiboon P, Lee C-K, Baek C-Y, Lee K-M. Development and application of an energy input – output table for an energy demand and supply activities analysis. *Environmental Engineering Research*. 2011;16(1):19–27. DOI: 10.4491/eer.2011.16.1.019.
5. Wiebe KS, Yamano N. *Estimating CO₂ emission embodied in final demand and trade using the OECD ICIO 2015: methodology and results*. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development; 2016. 39 p. (OECD science, technology and industry working papers; no. 5). DOI: 10.1787/5jlrcm216xkl-en.
6. 张红霞, 夏明, 苏汝劼, 林晨. 中国时间序列投入产出表的编制: 1981–2018. *统计研究*. 2021;38(11):3–23. DOI: 10.19343/j.cnki.11-1302/c.2021.11.001 = Чжан Хунся, Ся Мин, Су Жуцзе, Линь Чен. Составление таблиц «затраты – выпуск» для Китая: 1981–2018 гг. *Статистические исследования*. 2021;38(11):3–23. DOI: 10.19343/j.cnki.11-1302/c.2021.11.001.
7. Данилов АИ, Корнеев ЕВ, Посягин БС, Сюткин БД, Апостолов АА, Еремин НВ и др. *Энергетический баланс ведущих стран мира. Роль и место энергетического комплекса ЕвразЭС: статистика, оценки*. Мартынов ВГ, редактор. Москва: Наука; 2009. 197 с. EDN: QTUZO.
8. Liu S, Skerratt L, Li S. The impact of the 2007 reforms in China on the quality of earnings. *Journal of Chinese Economic and Business Studies*. 2016;14(2):193–209. DOI: 10.1080/14765284.2016.1163003.
9. Liao H, Wang C, Liu Y, Gao Y, Wang F. Revision on China's energy data by sector and fuel type at provincial level. *Energy Efficiency*. 2019;12:849–861. DOI: 10.1007/s12053-018-9690-0.

Статья поступила в редколлегию 05.03.2026.
Received by editorial board 05.03.2026.