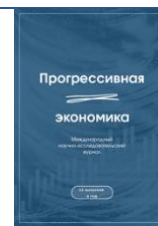


Международный научно-исследовательский журнал
«Прогрессивная экономика»
№ 7 / 2025 https://progressive-economy.ru/vypusk_1/sistema-oczenki-vliyaniya-energoperehoda-na-ekonomiku-rossii-s-pomoshhyu-makroekonomicheskoy-modeli-obshhego-ravnovesiya-s-razcionalnymi-ozhidaniyami/
Научная статья / Original article
Шифр научной специальности ВАК: 5.2.3
УДК 553.04:330.101.541
DOI: 10.54861/27131211_2025_7_36



СИСТЕМА ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ЭНЕРГОПЕРЕХОДА НА ЭКОНОМИКУ РОССИИ С ПОМОЩЬЮ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОБЩЕГО РАВНОВЕСИЯ С РАЦИОНАЛЬНЫМИ ОЖИДАНИЯМИ

Мокина П.Д., магистр, Международный институт энергетической политики и дипломатии (МИЭП) МГИМО МИД России. г. Москва, Россия

Аннотация. Цель исследования заключается в рассмотрении системы построения макроэкономической модели общего равновесия с рациональными ожиданиями и применении этой модели для оценки изменений ключевых макроэкономических показателей российской экономики в ответ на стимулирующие и сдерживающие меры, реализуемые в рамках национальной энергетической политики в условиях энергетического перехода. Выбор методологического подхода обусловлен тем, что методы математического и экономического моделирования позволяют оценить характер изменений показателей экономики страны под воздействием внешних импульсов, порождаемых глобальным энергопереходом в краткосрочной и долгосрочной перспективе. В процессе достижения поставленной цели автором уделено внимание сравнению двух фискальных стратегий: налогообложения всего «коричневого» сектора и налогообложения только внутренней «коричневой» энергетики с перераспределением налоговых поступлений в пользу производителей возобновляемой энергии. Результаты моделирования показали, что второй подход способствует более быстрому росту доли «зелёной» энергетики, снижению цен на энергию и улучшению экономического благосостояния. В условиях внешнего шока в виде падения экспортных цен на ископаемое топливо темпы адаптации российской экономики существенно замедляются, что указывает на необходимость дополнительной институциональной и инвестиционной поддержки. Сделан вывод о преимуществе стимулирующих мер над репрессивными в контексте реализации стратегических целей энергоперехода.

Ключевые слова: общее макроэкономическое равновесие, энергопереход, технологии энергоперехода, возобновляемые источники энергии, рациональные ожидания.

THE SYSTEM OF ASSESSING THE IMPACT OF THE ENERGY TRANSITION ON THE RUSSIAN ECONOMY USING A MODEL OF GENERAL MACROECONOMIC EQUILIBRIUM WITH RATIONAL EXPECTATIONS

*Mokina P.D., Master's student, International Institute of Energy Policy and
Diplomacy (IIEP) MGIMO University of the Ministry of Foreign Affairs of Russia.
Moscow, Russia*

Abstract. The purpose of the study is to consider a system for constructing a macroeconomic model of general equilibrium with rational expectations and to apply this model to assess changes in key macroeconomic indicators of the Russian economy in response to stimulating and constraining measures implemented within the framework of national energy policy in the context of the energy transition. The choice of a methodological approach is due to the fact that mathematical and economic modeling methods make it possible to assess the nature of changes in the country's economic indicators under the influence of external impulses generated by the global energy transition in the short and long term. In the process of achieving this goal, the author pays attention to comparing two fiscal strategies: taxation of the entire "brown" sector and taxation of only domestic "brown" energy with the redistribution of tax revenues in favor of renewable energy producers. The simulation results showed that the second approach contributes to a faster growth in the share of "green" energy, lower energy prices and improved economic well-being. In the context of an external shock in the form of falling export prices for fossil fuels, the pace of adaptation of the Russian economy is significantly slowing down, which indicates the need for additional institutional and investment support. The conclusion is made about the advantage of incentive measures over repressive ones in the context of the implementation of strategic goals of energy transition.

Keywords: general macroeconomic equilibrium, energy transition, energy transition technologies, renewable energy, rational expectations.

JEL classification: Q48, C68, O44.

Для цитирования: Мокина П.Д. Система оценки влияния энергоперехода на экономику России с помощью макроэкономической модели общего равновесия с рациональными ожиданиями // Прогрессивная экономика. 2025. № 7. С. 36–50. DOI: 10.54861/27131211_2025_7_36.

Статья поступила в редакцию: 05.07.2025 г. Одобрена после рецензирования: 14.07.2025 г. Принята к публикации: 16.07.2025 г.

For citation: Mokina P.D. The system of assessing the impact of the energy transition on the Russian economy using a model of general macroeconomic equilibrium with rational expectations // Progressive Economy. 2025. No. 7. pp. 36–50. DOI: 10.54861/27131211_2025_7_36.

The article was submitted to the editorial office: 05/07/2025. Approved after review: 14/07/2025. Accepted for publication: 16/07/2025.

Введение

Глобальные изменения в энергетическом секторе обусловлены как экологическими, так и технологическими и политико-экономическими факторами. Наиболее значимой трансформацией является структурное изменение в способах производства и потребления энергии, заключающееся в поэтапном отказе от ископаемого топлива в пользу возобновляемых и низкоуглеродных источников энергии, то есть энергопереход. Согласно определению, энергопереход представляет собой долгосрочную трансформацию энергетической системы, при которой происходит замещение доминирующего источника энергии другим, более устойчивым и экологически чистым источником [3].

Для России, чья экономика во многом опирается на экспорт углеводородов, энергопереход представляет собой одновременно и угрозу, и возможность. С одной стороны, сокращение глобального спроса на ископаемое топливо может привести к снижению экспортных доходов, к структурной перестройке энергетического сектора и росту макроэкономических рисков. С другой стороны, развитие внутренних технологий в сфере ВИЭ, повышение энергоэффективности и диверсификация экономики открывают новые направления для устойчивого роста и обеспечения технологического суверенитета [2].

Поскольку мировые энергетические реалии создают предпосылки для изменений показателей экономики России в будущем, проблема влияния энергоперехода на экономическое положение страны является на сегодняшний день наиболее актуальной, поскольку может как создавать предпосылки для укрепления экономического положения страны, так и являться существенным сдерживающим фактором для экономического роста. В результате своего экономического исследования об влиянии энергоперехода на агрегированные показатели экономики России в 2024 году Центральный Банк РФ выяснил, что наиболее благоприятное процентное изменение таких макроэкономических показателей, как выпуск в стране (Y), потребление (C), инвестиции (I), реальный обменный курс, энергетический и неэнергетический экспорт (Ex_r и Y_{ex_r}), импорт (Imp), ВВП (рассчитанный как выпуск в стране (Y) плюс энергетический и неэнергетический экспорт ($Ex_r + Y_{ex_r}$) минус импорт (Imp)) наблюдается при сценарии повышения производительности ВИЭ в стране на 55% за счет инвестиций в размере 1,8% ВВП [1].

Данные доклада Банка России позволяют сделать вывод о потенциальной эффективности активной инвестиционной политики в сектор ВИЭ и необходимости разработки инструментов макроэкономического моделирования, способных учесть специфику энергетического перехода и предложить обоснованные сценарии развития экономики страны в новых условиях. Таким образом, цель исследования заключается в рассмотрении системы построения макроэкономической модели общего равновесия с рациональными ожиданиями и применении этой модели для оценки

изменений ключевых макроэкономических показателей российской экономики в ответ на стимулирующие и сдерживающие меры, реализуемые в рамках национальной энергетической политики в условиях энергетического перехода.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования в данной статье является макроэкономическая модель общего равновесия с рациональными ожиданиями, предложенная ЦБ России, её предпосылки и условия, а также экономические и математические формулы, лежащие в ее основе. Материалом исследования выступает система оценки влияния реализации разных сценариев энергоперехода в России с помощью макроэкономической модели общего равновесия с рациональными ожиданиями. В статье использованы системный и комплексные подходы, а также методы математического и экономического анализа.

1. Условия и ограничения макроэкономической модели общего равновесия с рациональными ожиданиями

Глобальный энергопереход задает тренд к снижению странами своего углеродородного следа. В рамках макроэкономической модели общего равновесия с рациональными ожиданиями рассматриваются способы, с помощью которых Россия стремится осуществить энергопереход и снизить свои выбросы углеродородов. Каждый способ представляет собой сценарий энергоперехода в России. Так, макроэкономическая модель общего равновесия с рациональными ожиданиями, построенная ЦБ РФ, рассматривает, во-первых, сценарий снижения экспортной цены на «коричневую» энергию на 55%, во-вторых, сценарий повышения налога со стоимости «коричневой» энергии или тарифа электроэнергии для домохозяйств до 25%, в-третьих, сценарий повышения налога с внутреннего «коричневого» производства до 17% и передачи таких налоговых поступлений производителям «зеленой» энергетики и в-четвёртых, сценарий повышения производства «зеленой» энергии в России на 55% [1].

В модели российская экономика рассматривается как открытая экономика, активно осуществляющая экспорт углеродородов и имеющая высокую степень зависимости от экспорта углеродородного сырья в целом. Энергетический сектор России в модели представлен двумя секторами: сектор ВИЭ или «зеленый» сектор и сектор традиционных источников энергии или «коричневый» сектор. Данные два сектора конкурируют за долю в поставке энергии третьему сектору экономики, который выпускает конечный продукт. При этом, в модели учитываются как продуктовые, так и трудовые потоки. При этом, стоит отметить, что деятельность «зеленого» и «коричневого» секторов в рамках данной экономической модели не рассматривается с точки зрения привязки к определенным уровням выбросам парниковых газов. В результатах моделях также не отражается положительный эффект на благосостояние в стране от снижения вреда окружающей среде и сокращения углеродного следа в России. Модель фокусируется на исследовании макроэкономических аспектов расширения

«зеленой» энергетики в России и рассматривает «зеленый» сектор как экономически конкурентную отрасль, которая развивается с нулевой долей на рынке до значимых размеров в структуре экономики РФ.

Временными рамками модели являлся интервал в 40 кварталов. На протяжении данного периода в зависимости от сценария происходило повышение экспортной цены на «коричневую» энергию, повышение налоговой нагрузки на производителей «коричневого» сектора и домашние хозяйства или расширение производственных мощностей в «зеленом» секторе. Для возможности сравнения сценариев с разными начальными условиями экономические параметры модели, такие как инвестиции (I_{TFP}) и коэффициент трансформации инвестиций (P_{TFP}) в формуле совокупной производительности факторов производства (TFP), задавались таким образом, чтобы сценарий роста внутреннего налога на энергию и сценарий роста производительности «зеленого» энергетического сектора были эквиваленты. Для того, чтобы сценарии в рамках математической модели были эквиваленты требуется, чтобы рост «зеленого» сектора в долгосрочном равновесии в двух разных сценариях составил одинаковые 25%, а также, чтобы общественное благосостояние, выраженное формулой 1, в которой домашние хозяйства стремятся повысить полезность от потребления и минимизировать неудовольствие от труда, имело одинаковое изменение. ЦБ РФ в рамках своего аналитического отчета определил эти величины на уровне: инвестиции (I_{TFP}) – 0,057, то есть 5,7% от национального ВВП, и коэффициент трансформации инвестиций (P_{TFP}) – 0,021.

$$U_{t_0}^i = E_{t_0} \sum_{t=t_0}^{\infty} \beta^{t-t_0} \left(\ln C_t^i - \frac{\sigma_L}{1+e} (L_t^i)^{1+e} \right) \rightarrow \max \quad (1)$$

где, E_{t_0} – математическое ожидание по всем событиям, начиная со времени t_0+1 ; i – домашние хозяйства; L_t^i – агрегированный труд; C_t^i – агрегированное потребление; β, σ – заданные параметры модели.

Таким образом, при данных значениях I_{TFP} и P_{TFP} при сравнении сценария роста налога на «коричневую» энергию и сценария повышения производительности ВИЭ в стране был получен вывод: величина инвестиций в размере 5,7% ВВП в «зеленый» сектор, доля которого составляет 1%, более эффективна в случае сценария повышения ВИЭ [8]. Инвестиции производителя в суммарную производительность факторов производства (TFP) дают суммарный выпуск в 13 раз меньше, чем при инвестировании в производственный капитал [6]. Такая значительная величина кратности указывает на слишком низкий коэффициент P_{TFP} , что не является реалистичным. Следовательно, меры по повышению производительности ВИЭ становятся столь же неэффективными, как меры повышения налога на «коричневую» энергию, только при нереалистично низком значении P_{TFP} .

Начальной точкой для моделирования является анализ структуры использования факторов производства, а именно труда и капитала, для

производства, во-первых, «зеленой» и «коричневой» энергии, а, во-вторых, конечного продукта в экономике. Экономические секторы производства «зеленой» и «коричневой» энергии используют такие факторы как труд и капитал. Экономический сектор конечной продукции использует труд, капитал и энергию. При этом, труд и капитал арендуются у домашних хозяйств, а энергия производится другими отраслями и сектор производства конечной продукции помимо нее использует также фактор «импорт» для осуществления конечного выпуска продукции. Стоит отметить, что для целей моделирования все домашние хозяйства рассматриваются одновременно как собственники производства, ввиду сложности разделения в рамках модели домашние хозяйства на тех, кто владеет производством и на тех, кто не владеет.

Таким образом, домашние хозяйства являются как владельцами факторов производств, так и источниками фактора производства «труд», который они предоставляют в аренду. При этом, фактор «труд» производители всех трех секторов арендуют на общем рынке, то есть труд является взаимозаменяем для всех секторов экономики в отличие от капитала, который между секторами не может считаться взаимозаменяемым. Помимо прочего, по условиям модели все домашние хозяйства участвуют в финансовых трансграничных потоках, а именно они рассматриваются как участники трансграничных финансовых операций, которые имеют возможность сберегать средства в иностранных облигациях. Домашние хозяйства участвуют в финансовых потоках еще таким образом, что влияют на уровень инвестиций в производственный капитал на основе показателей доходности капитала и цен на инвестиции.

Касательно финансовых условий, закладываемых в модели экономических эффектов от глобального энергоперехода, стоит отметить, во-первых, жесткость номинальных внутренних цен, во-вторых, жесткость номинальных зарплатных плат наемных работников, в-третьих, издержки на инвестиции и издержки на участие в трансграничных финансовых операциях, то есть издержки на вложение в иностранные облигации, которые несут домашние хозяйства [5]. ДКП в модели выражена таргетированием инфляции в соответствии с правилом Тейлора, а НБП не влияет на параметры модели.

2. Математические инструменты анализа экономического и энергетического секторов России

В рамках макроэкономической модели общего равновесия с рациональными ожиданиями взаимодействие экономических субъектов в России построено на основе финансовых и экономических связей между ними. Агрегирование внутренней энергии в стране обеспечивается производителями «зеленой» и «коричневой» энергии. Агрегированная внутренняя энергия в полном объеме направляется к производителям конечной продукции. Домашние хозяйства взаимодействуют с производителями «зеленой» и «коричневой» энергии и производителями конечной продукции через аренду труда и капитала и с финансовой системой через платежный баланс, а именно

через сальдо операций с облигациями. Домохозяйства также взаимодействуют с рынком конечного продукта через потребление. Стоит обратить внимание на то, что взаимодействие домохозяйств, производителей конечной продукции и рынка конечного продукта представляет собой определенный замкнутый цикл, формирующийся за счет трудовых, продуктовых и инвестиционных потоков. Производители конечной продукции в России участвуют в импортных операциях, а производители «коричневой» энергии в России – в экспортных, что находит соответствующее отражение в разделах платежного баланса РФ. Производители «зеленой» энергии не участвуют во внешнеэкономической деятельности страны и поэтому их деятельность не находит свое отражение в платежном балансе. Производители «зеленой» и «коричневой» энергии в рамках данного макроэкономического моделирования не связаны никакими видами продуктовых или финансовых потоков.

Для экономического моделирования факторы производства в различных комбинациях закладываются в производственную функцию Кобба-Дугласа, чтобы определить объем выпуска соответствующей продукции. Таким образом, на начальном этапе моделирования получаются три функции Кобба-Дугласа, различных для секторов производства «зеленой» энергии, «коричневой» энергии и конечного продукта.

Функция Кобба-Дугласа для экономического сектора «зеленой» энергии представлена Формулой 2 и комбинирует труд и капитал, что позволяет получить выпуск «зеленой» энергии в стране, потребление которого по условиям модели в полном объеме приходится на внутренний рынок.

$$E_t^g = \alpha^g (1 + s_t^g) (K_{t-1}^g)^{\alpha^g} (L_t^g)^{1-\alpha^g} \quad (2)$$

где, E_t^g – выпуск «зеленой» энергии в стране; L_t^g – труд, взятый в аренду «зеленым» сектором; K_{t-1}^g – капитал, взятый в аренду «зеленым» сектором; α^g – технологическая эластичность капитала; $1-\alpha^g$ – это технологическая эластичность труда; а s_t^g – представляет собой шок производительности «зеленой» энергии.

Шок производительности «зеленой» энергии в долгосрочной перспективе приобретает нулевое значение и, таким образом, перестает влиять на конечный выпуск энергии «зеленым» сектором. Для расчета шока производительности «зеленой» энергии при математических вычислениях в экономической модели используются случайная величина, которая распределена равномерно во все моменты времени. Прибыль производителя «зеленой» энергии, которую он стремится максимизировать, имеет нулевое значение в состоянии равновесия (3):

$$P_t^g E_t^g - R_t^g K_{t-1}^g - W_t L_t^g = 0 \quad (3)$$

где, P_t^g – цена «зеленой» энергии; R_t^g – цена капитала для «зеленого» сектора; W_t – цена труда.

Условия оптимальности для максимизации прибыли, выраженной в формуле 3, при условии, что конечный выпуск «зеленой» энергии выражен формулой 2, в данном моделировании имеют следующий вид (4–5):

$$\alpha^g P_t^g E_t^g = R_t^g K_{t-1}^g \quad (4)$$

$$(1 - \alpha^g) P_t^g E_t^g = W_t L_t^g \quad (5)$$

Как видно из формул 4 и 5, условия оптимальности представляют собой уравнения, где выпуск «зеленой» энергии, умноженный на технологическую эластичность капитала, равен общему объему капитала, который арендуется «зеленым» сектором экономики у домашних хозяйств. Аналогичным образом, «цена» труда, арендованного производителями «зеленой» энергии у домашних хозяйств, равняется выпуску «зеленой» энергии, умноженный на технологическую эластичность труда.

Отличительной особенностью моделирования производства сектора «зеленой» энергии является то, что в рамках математической модели задаётся условие, что в стране отсутствуют технологии и мощности по транспортировке и хранению «зеленой» энергии, так как «зеленая» энергетика в стране находится на этапе зарождения (модель предполагает, что в начале исследуемого периода доля ВИЭ в РФ находится на нулевом уровне) [7].

Аналогичным образом, функция Кобба-Дугласа для экономического сектора «коричневой» энергии комбинирует труд и капитал и позволяет получить выпуск «коричневой» энергии в стране. Производственная функция Кобба-Дугласа для «коричневого» сектора выражается формулой 6:

$$Egr_t^b = \alpha^b (K_{t-1}^b)^{\alpha^b} (L_t^b)^{1-\alpha^b} \quad (6)$$

где, Egr_t^b – валовый выпуск «коричневой» энергии в стране; L_t^b – труд, взятый в аренду «коричневым» сектором; K_{t-1}^b – капитал, взятый в аренду «коричневым» сектором; α^b – технологическая эластичность капитала; а коэффициент $(1-\alpha^b)$ – это технологическая эластичность труда.

Прибыль производителей валовой «коричневой» энергии оказывается нулевой в оптимуме, который выражается в виде формулы 7.

$$(1 - T_t^b) P_t^{bg} Egr_t^b - R_t^b K_{t-1}^b - W_t L_t^b = 0 \quad (7)$$

где, P_t^{bg} – цена, по которой производители «коричневой» энергии учитывают валовый выпуск «коричневой» энергии; R_t^b – цена капитала для «коричневого» сектора; W_t – цена труда; T_t^b – налог, которым облагается

производство «коричневой» энергии.

Представляется возможным сделать вывод, что при доминировании в стране «коричневого» сектора развита инфраструктура для транспортировки «коричневой» энергии и мощности по транспортировке углеводородов позволяют обеспечивать поставки «коричневой» энергии не только на внутренний рынок. Особенностью моделирования для «коричневого» сектора является то, что получаемый функцией Кобба-Дугласа выпуск представляет собой валовое производство «коричневой» энергии, которое затем делится между экспортом и внутренним рынком. В макроэкономической модели общего равновесия с рациональными ожиданиями данное разделение происходит за счет дезагрегирования валового выпуска «коричневого» сектора на энергетический внешний «коричневый» выпуск, то есть экспорт «коричневой» энергии и внутреннее производство «коричневой» энергии с помощью СЕТ-функции [1].

Прибыль производителя «коричневой» энергии, которую он стремится максимизировать, после дезагрегирования валового выпуска «коричневой» энергии имеет нулевое значение в состоянии равновесия:

$$P_t^b E_t^b + P_t^{b,exp} E_t^{b,exp} - P_t^{bg} Egr_t^b = 0 \quad (8)$$

где, Egr_t^b – валовый выпуск «коричневой» энергии в стране; P_t^{bg} – цена, по которой производители «коричневой» энергии учитывают валовый выпуск «коричневой» энергии; E_t^b – внутренний выпуск «коричневой» энергии / выпуск «коричневой» энергии, потребляемый агрегатором «зеленой» и «коричневой» энергии внутри страны; P_t^b – внутренняя цена «коричневой» энергии / цена «коричневой» энергии, которая продается агрегатору «зеленой» и «коричневой» энергии внутри страны; $E_t^{b,exp}$ – выпуск «коричневой» энергии, направляющийся на экспорт; а $P_t^{b,exp}$ – это внешняя / экспортная цена «коричневой» энергии.

Максимизация значений функций в формулам 7 и 8 по факторам производства (труд, капитал, энергия) происходит, во-первых, при условии, что уравнение валового выпуска «коричневой» энергии задано в соответствии с производственной функцией Кобба-Дугласа из Формулы 6, во-вторых, при условии, что второе уравнение валового выпуска «коричневой» энергии задано в соответствии с СЕТ-функцией. Условия оптимальности в данном моделировании имеют следующий вид:

$$(1 - T_t^b) \alpha^b P_t^{bg} Egr_t^b = R_t^b K_{t-1}^b \quad (9)$$

$$(1 - T_t^b)(1 - \alpha^b) P_t^{bg} Egr_t^b = W_t L_t^b \quad (10)$$

Как видно из формул 9 и 10, условия оптимальности представляют собой

уравнения, где выпуск внутренней «коричневой» энергии, умноженный на обратный налог и на технологическую эластичность капитала равен общему объему капитала, который арендуется «коричневым» сектором экономики у домашних хозяйств. Аналогичным образом, «цена» труда, арендованного производителями «коричневой» энергии у домашних хозяйств, равняется валовому выпуску «коричневой» энергии, умноженного на обратный налог и на технологическую эластичность труда.

3. Прогнозирование конечного экономического выпуска в РФ в условиях энергоперехода

На этапе нахождения промежуточного выпуска продукта в России в рамках моделирования в функцию Кобба-Дугласа закладывается фактор производства «энергия». Валовый промежуточный выпуск, выражается следующим образом (11):

$$Ygr_t = \alpha^{ygr} (K_{t-1}^f)^{\alpha^f} (E_t)^{y^f} (L_t^f)^{1-\alpha^f-y^f} \quad (11)$$

где, Ygr_t^b – валовый промежуточный выпуск в стране; L_t^f – труд, взятый в аренду сектором производства конечного продукта; K_{t-1}^f – капитал, взятый в аренду сектором производства конечного товара; E_t – энергия, используемая сектором производства конечного товара; коэффициент α^f – технологическая эластичность капитала; y^f – технологическая эластичность энергии; показатель степени $(1-\alpha^f-y^f)$ – это технологическая эластичность труда.

Прибыль производителей валового промежуточного продукта, которую они стремятся максимизировать, оказывается нулевой в оптимуме, который выражается следующим образом (12):

$$P_t^{yg} Ygr_t - R_t^f K_{t-1}^f - P_t^e E_t - W_t L_t^f = 0 \quad (12)$$

где, P_t^{yg} – цена, по которой производитель сектора производства конечного учитывают валовый промежуточный продукт; R_t – цена фактора капитала для сектора производства конечного продукта; W_t – цена фактора труда; P_t^e – цена фактора энергия.

Условия оптимальности по капиталу, энергии и труду при максимизации прибыли в соответствии с уравнением 12 и при ограничивающем условии, выраженным формулой 11 являются:

$$\alpha^f P_t^{yg} Ygr_t = R_t^f K_{t-1}^f \quad (13)$$

$$y^f P_t^{yg} Ygr_t = P_t^e E_t \quad (14)$$

$$(1 - \alpha^f - y^f) P_t^{yg} Ygr_t = W_t L_t^f \quad (15)$$

Из формул (13–15) можно сделать вывод, что условия оптимальности представляют собой уравнения, где выпуск валового промежуточного продукта, умноженный на технологическую эластичность капитала, равен общему объему капитала, который арендуется сектором промежуточного продукта у домашних хозяйств. Выпуск энергии равен выпуску валового промежуточного продукта, умноженного на технологическую эластичность фактора энергии. Аналогичным образом, весь труд, арендованный производителями валового промежуточного продукта у домашних хозяйств, равняется валовому выпуску промежуточного продукта, умноженному на технологическую эластичность труда.

Фактор энергия в формуле 11 находится через использование CES-функции, которая комбинирует всю энергию, произведенную для внутреннего рынка. Таким образом, происходит объединение всей выработанной «зеленой» энергии в стране и выработанной «коричневой» энергии, которая направляется на внутренний рынок. Важно отметить, что модель учитывает, что рынок энергии в стране является конкурентным и что спрос на любой из видов энергии определяется на основе соотношения цен между ними. При повышении цены на «коричневую» энергию спрос на нее в стране будет снижаться. Также стоит отметить, что на рынке энергии в соответствии с условиями модели существует ситуация, когда максимальный рост цен не приводит к нулевому выпуску данного продукта. Так, например, очень высокий рост цен на «зеленую» энергию не может привести к прекращению выпуска «зеленой» энергии на рынок. С экономической точки зрения внутренний рынок энергии не является в таком случае абсолютно конкурентным. Такие условия модели и позволяют использовать CES-функцию для агрегирования внутренней «зеленой» и «коричневой» энергии.

Стоит также отметить, что в рамках экономики всей страны 1 кВт*ч «зеленой» и «коричневой» энергии не являются абсолютно взаимозаменяемыми. Такое предположение является рациональным, поскольку эффективность использования и расширения ВИЭ в различных регионах России отличается. Безусловно, использование «коричневой» энергии является более экономически выгодным вариантом, ввиду наличия больших возможностей по транспортировке.

Однако, источники «коричневой» энергии распределены по стране неравномерно и в отдельных регионах их наличие ограничено, следовательно для данных регионов более целесообразным является расширение производственных мощностей «зеленой» энергии. Неравномерность покрытия источников энергии является важным аспектом в рамках экономики всей страны, поскольку в определенных регионах существуют более выгодные условия для производства «зеленой» энергии. Показатели экономической эффективности проектов по расширению «зеленой» энергии в таких регионах будут выше.

Такое обстоятельство, что концентрация производственных мощностей

«зеленой» энергии в конкретных регионах является более выгодной и что экономические преимущества разных типов энергии варьируются по регионам, объясняет невозможность рассмотрения «зеленой» и «коричневой» энергии как взаимозаменяемых компонентов в математической модели экономических эффектов от энергоперехода в РФ.

Далее по мере построения математической модели по аналогии с производством «коричневой энергии», для получения общего выпуска конечной продукции валовое промежуточное производство дезагрегируется с помощью СЕТ-функции на неэнергетический экспорт и промежуточное производство внутри страны.

Прибыль производителя валового промежуточного продукта, которую он стремится максимизировать, после дезагрегирования валового промежуточного продукта имеет нулевое значение в состоянии равновесия (16):

$$P_t^{yd} Y_{dom_t} + x_t P^{exp} Y_t^{exp} - P_t^{yg} Y_{gr_t} = 0 \quad (16)$$

где, Y_{dom_t} – внутренний промежуточный выпуск в стране; P_t^{yg} – цена, по которой производители внутреннего промежуточного продукта учитывают свой продукт/ цена для посредника; Y_t^{exp} – неэнергетический экспорт; P^{exp} – экспортная цена неэнергетической продукции; Y_{gr_t} – валовый промежуточный выпуск в стране;

На финальном этапе моделирования значений конечного выпуска внутренний промежуточный продукт и импорт формируют компоненты очередной функции Кобба-Дугласа (17), через которую удастся найти значение конечного выпуска (18–20) и оценить экономический эффект от реализации каждого отдельного сценария энергоперехода. Найденный в ходе моделирования выпуск конечного продукта направляется на потребление и инвестиции, что может быть записано следующим образом (17):

$$Y_t = \alpha^y (Y_{dom_t})^\omega (Imp_t)^{1-\omega} \quad (17)$$

где, Y_t – конечный выпуск в стране; Y_{dom_t} – внутренний промежуточный выпуск в стране; $(1 - \omega)$ – технологическая эластичность импорта.

Прибыль производителя конечного продукта, которую он стремится максимизировать, имеет нулевое значение в состоянии равновесия и отражена в формуле 18. Производитель внутреннего промежуточного продукта реализует своей товар посредникам по цене P_t^{yg} , а затем покупает тот же объем товара на рынке, но уже по новой цене P^{rig} .

$$P_t Y_t - P^{rig} Y_{dom_t} - x_t P_t^{imp} Imp_t = 0 \quad (18)$$

где, Y_t – конечный выпуск в стране; P_t – цена, по которой конечный продукт продается на внутреннем рынке; $Ydom_t$ – внутренний промежуточный выпуск в стране; P^{rig} – цена, по которой производитель внутреннего промежуточного продукта выкупает товар с рынка; Imp_t – объем импорта; P_t^{imp} – цена импорта.

Условия оптимальности в задаче максимизации прибыли в соответствии с уравнением в формуле 18 и при ограничивающем условии, выраженным формулой 17 являются:

$$\omega P_t Y_t = P^{rig} Ydom_t \quad (19)$$

$$(1 - \omega) P_t Y_t = x_t P_t^{imp} Imp_t \quad (20)$$

Анализ экономических эффектов от энергоперехода, полученных с помощью вышеперечисленных экономических и математических инструментов позволяет сделать вывод, что в сценарии постепенного роста налога для всего «коричневого» производства (т.е. на конечные продукты, произведенные из «коричневой» энергии) на 55% цена на «коричневую» энергию с ростом ставки будет расти, поскольку производители «коричневой» энергии перекладывают налоговое бремя на домашние хозяйства, повышая цены.

Также показано, что в сценарии постепенного роста налога на внутреннюю «коричневую энергию» на 17% цены на «коричневую» энергию будут также повышаться по той же причине, а цена на «зеленую» энергию будет наоборот снижаться, поскольку весь собранный налог направляется на поддержку «зеленого» сектора, а значит формирует доход производителей «зеленой» энергии. Стоит отметить, что объем собранного налога приблизительно в 2 раза ниже в случае сценария роста налога на внутреннюю «коричневую энергию» на 17%, так как стоимость, с которой взимается налог в данном сценарии, а именно стоимость внутреннего «коричневого» производства, в 2 раза ниже, чем стоимость всей «коричневой» энергии в сценарии роста налога на внутреннюю «коричневую энергию» на 17%.

По результатам экономической модели оказывается, что стимулирование производства «зеленой» энергии надбавками, формируемыми за счет налогообложения внутреннего производства «коричневой» энергии, имеет более благоприятный экономический эффект на благосостояние страны, по сравнению с ужесточением экономических мер в отношении всего «коричневого» сектора. Это объясняется тем, что получение дополнительных поступлений производителями «зеленой» энергии дает им возможность более активно снижать цены на энергию, а налоги усложняют положение производителей «коричневой» энергии на рынке в целом и не дает им возможность сильно завышать цены на свою энергию.

В сценарии постепенного роста налога на внутреннюю «коричневую

энергию» на 17% процесс энергоперехода в России происходит более быстрыми темпами, поскольку достижение целевого показателя роста «зеленой» энергетики достигается за 100 кварталов, а в сценарии постепенного роста налога для всего «коричневого» производства на 55% за 160 кварталов. Сценарий повышения налога с внутреннего «коричневого» производства до 17% и поддержка налоговыми выплатами производителей «зеленой» энергетики демонстрирует более активную динамику процессов энергоперехода в РФ также ввиду того, что помимо прямой поддержки «зеленого» сектора, которая расширяет общие мощности ВИЭ в стране, косвенная поддержка «зеленому» сектору оказывается за счет повышения цен на «коричневую» энергию и, следовательно, происходит сдерживание общего спроса на «коричневую» энергию в стране.

В ходе анализа результатов макроэкономической модели для сценария постепенного снижения экспортной цены на «коричневую» энергию на 55% в течение 10 лет выясняется, что доля «зеленого» сектора после окончательного снижения внешней цены «коричневой» энергии на 55% в конце десятилетнего срока достигает 2,6% рынка. Как отмечалось ранее, для сравнения сценариев в каждом из них был заложен целевой показатель расширения доли «зеленого» сектора до 25%. Данная доля в 25% соответствует ситуации долгосрочного равновесия. В сценарии постепенного снижения экспортной цены на «коричневую» энергию на 55% доля «зеленого» сектора достигает отметки в 25% по истечении 70 лет. Низкая доля «зеленого» сектора по истечении 10 лет объясняется тем, что подстройка производственного капитала под сложившиеся условия осуществляется в стране крайне медленными темпами в силу сложности процедур и технологических ограничений.

Выводы

Проведенный анализ позволил выявить ключевые механизмы и последствия различных сценариев энергоперехода для российской экономики. Наиболее существенные выводы касаются сравнения экономических и структурных эффектов двух видов налоговых стратегий: налогообложения всего «коричневого» производства и налогообложения только внутреннего сегмента «коричневой» энергетики с последующим перераспределением доходов в пользу «зеленого» сектора.

Стратегия постепенного роста налога на внутреннюю «коричневую» энергию в сочетании с субсидированием производителей «зеленой» энергии оказывает более выраженный позитивный эффект как на темпы энергоперехода, так и на общее экономическое благосостояние. Также установлено, что в условиях внешнего шока в виде падения экспортной цены на «коричневую» энергию адаптация экономики и рост доли ВИЭ происходит крайне медленно, что свидетельствует о высокой инерционности производственного капитала и необходимости институциональной и инвестиционной поддержки процесса энергоперехода. Таким образом, стимулирующие фискальные меры, направленные на поддержку «зеленой» энергетики за счёт внутреннего налогообложения «коричневого» сектора,

оказываются более эффективными по сравнению с репрессивными механизмами общего налогообложения.

Литература

1. Андреев М., Нелюбина А. Сценарии энергоперехода в России: эффекты в макроэкономической модели общего равновесия с рациональными ожиданиями // Банк России. Серия докладов об экономических исследованиях. Москва, 2024. 71 с. URL: https://www.cbr.ru/StaticHtml/File/158119/wp_122.pdf.
2. Савина Н.П., Пивоваров С.С. Четвертый энергопереход: современные тренды и перспективы развития возобновляемой энергетики // Прогрессивная экономика. 2025. № 4. С. 8–19.
3. Сизов А.А. Концепция энергетического перехода: история понятия и эволюция явления // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки. 2024. № 2. С. 159–164.
4. Andreyev M., Polbin A. Monetary Policy for a Resource-Rich Economy and the Zero Lower Bound // Economic Policy. 2022. Vol. 17 (3). P. 44–73.
5. EITI, Navigating the energy transition: Data and dialogue to strengthen extractive sector governance. 2023. URL: https://eiti.org/sites/default/files/2023-11/EN_EITI_Policy%20brief_Navigating%20the%20energy%20transition.pdf.
6. Fattouh B., Poudineh R., West R. Energy Transition, Uncertainty, and the Implications of Change in the Risk Preferences of Fossil Fuels Investors // Oxford Energy Insight. 2019. 13 p.
7. Malone E., Hultman N.E., Anderson K.L., Romeiro V. Stories about Ourselves: How National Narratives Influence the Diffusion of Large-Scale Energy Technologies // Energy Research & Social Science, 2017. 76 p.
8. Varadarajan U., Serrurier B., Posner D., Mardell S., Fong C. Financing tools for an equitable transition to a clean economy. 2021. URL: <https://rmi.org/financing-tools-for-an-equitable-transition-to-a-clean-economy/>.