

5. Наука и инновации [Электронный ресурс]. Официальная статистика. URL: <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/nauka-i-innovatsii/> (дата обращения: 21.01.2021).

6. Наука и инновационная деятельность в Республике Беларусь [Электронный ресурс]. Статистический сборник. URL: <https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/286/28661e488bc09e69ea4febfdab353c7c.pdf> (дата обращения: 21.01.2021).

7. Инновационная политика [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gknt.gov.by/deyatelnost/innovatsionnaya-politika/> (дата обращения: 21.01.2021).

ЭНЕРГОЭКОНОМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ МИРОВОГО РЫНКА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

А. В. Петрашевская¹⁾, В. С. Симончик²⁾

¹⁾Белорусский государственный университет, ул. Ленинградская 20, 220030, г. Минск, Республика Беларусь, petrashevala@gmail.com

²⁾Белорусский государственный университет, ул. Ленинградская 20, 220030, г. Минск, Республика Беларусь, vladislavsimonchik19@gmail.com

В статье изложены основные принципы и характеристики энергоэкономических моделей. Рассмотрена структура национальной энергетической системы. Исследованы особенности классической энергоэкономической модели и выделены основные индикаторы. Более детально рассмотрены интегрированные имитационные модели: модели общего равновесия, модель линейного программирования, модель динамической оптимизации. Данные интегрированные модели, основанные на экономических принципах и методах, долгое время использовались для оценки национальных топливно-энергетических систем, однако в настоящий период являются мощными инструментами для понимания и анализа проблем в области энергетики, окружающей среды и изменения климата, а также для разработки политики для их решения.

Ключевые слова: энергетическая система; энергоэкономическая модель; интегрированная имитационная модель; модель общего равновесия; модель линейного программирования; модель динамической оптимизации.

ENERGY-ECONOMIC MODELS OF THE GLOBAL RENEWABLE ENERGY MARKET

A. V. Petrashevskaya^a, V.S. Simonchik^b

^aBelarusian State University, Leningradskaya Street, 20, 220030, Minsk, Belarus

^bBelarusian State University, Leningradskaya Street, 20, 220030, Minsk, Belarus

Corresponding author: V.S. Simonchik (vladislavsimonchik19@gmail.com)

The article outlines the basic principles and characteristics of energy economic models. The structure of the national energy system is considered. The features of the classical energy-economic model are investigated and the main indicators are highlighted. Integrated simulation models are considered in more detail: general equilibrium models, lin-

ear programming model, dynamic optimization model. These integrated models, based on economic principles and methods, have long been used to assess national fuel and energy systems, but are now powerful tools for understanding and analyzing energy, environment and climate change issues, as well as for developing policies for their solutions.

Keywords: energy system; energy economic model; integrated simulation model; general equilibrium model; linear programming model; dynamic optimization model.

Нынешний век является эпохой экологической осведомленности. Она требует инновационных решений для удовлетворения будущих потребностей мировой цивилизации в энергии и срочных действий по сокращению загрязнений окружающей среды, изменению климата.

В Пятом оценочном докладе Межправительственной группы экспертов по изменению климата указано, что для достижения этой амбициозной цели необходимо к концу века осуществить переход к обществу с нулевым чистым углеродом, что потребует крупномасштабные изменения в глобальных, а также региональных и местных энергетических системах. В настоящий период необходимы дополнительные меры политики для стимулирования необходимых уровней инвестиций в низкоуглеродные технологии и изменение поведения, а также для стимулирования технологических, социальных инноваций. При разработке этой политики климатическое и энергетико-экономическое моделирование имеет решающее значение для поддержки принятия решений.

Традиционный подход к моделированию имеет тенденцию экстраполировать изменения в энергопотреблении из исторических тенденций; однако технологические инновации иногда приводят к радикальным реформам в энергетических системах в промышленном, коммерческом, жилом и транспортном секторах. Экономические аспекты – это еще один ключевой вопрос, который необходимо учитывать, чтобы понять будущие изменения в энергетических системах. Количество поставляемой энергии устанавливается в соответствии с ценой спроса на энергию конечных пользователей. Это происходит при условии, что цена поставки энергии приравнивается к цене со стороны спроса в рамках рыночного механизма.

Энергия необходима для экономики и современного общества в целом. Как главный ресурс и неотъемлемая часть почти каждого производственного процесса, энергия важна для использования других ресурсов в бизнес-цикле, создания новых ценностей и удовлетворения потребностей. Таким образом, энергетика или энергетический сектор выполняет двойную функцию в экономике: производство энергии (выпуск) является важным сектором экономики, а его участие в экономических процессах влияет на экономическую активность (то есть поддерживает другие части экономики). Эффективный и развитый энергетический сек-

тор с надежным энергоснабжением и стабильными и разумными ценами на энергоресурсы способствует развитию экономики и реализации многих других экономических эффектов, таких как экономическая конкурентоспособность.

В производстве энергии, особенно электроэнергии, наряду с проблемами доступности ископаемого топлива и резкого роста спроса на энергию за последние несколько десятилетий, возобновляемые ресурсы стали важным дополнительным источником энергии и еще больше улучшают функционирование электроэнергетика) сектор энергетики.

В современной деловой среде энергетическая система не существует «сама по себе»; скорее, его следует рассматривать в контексте всей экономической системы, чтобы поддерживать экономику в производстве продуктов и предоставлении услуг, но также как движущую силу более широких экономических процессов. Учитывая проблемы, с которыми сталкивается современный мир, взаимодействие энергетики и экономики может быть улучшено, а затем, например, модели энергии-экономики-окружающей среды или модели энергии-экономики-климата. В этом исследовании модель энергетики и экономики выбрана в качестве основы и теоретической отправной точки для понимания взаимодействия, и реализации синергизма между энергетической деятельностью и экономикой.

Моделирование является инструментом национального энергетического планирования с середины 1970-х годов. В то время модели использовались для понимания последствий и средств преодоления первого нефтяного эмбарго. Некоторые из наиболее известных сценариев – это сценарии Shell, изложенные после нефтяного кризиса 1970-х годов. В последнее время глобальное потепление стало одной из самых важных тем для лиц, принимающих решения. Экологическая безопасность стала серьезной проблемой, так же, как и обеспечение энергоснабжения. Точно так же, как физические модели могут предсказывать воздействие увеличения выбросов CO₂ на климат, энергоэкономические модели могут показывать экономические и отличные от моделируемые (с разбивкой или нет) технические воздействия альтернативных экономических стратегий минимизации выбросов.

Предлагаемая модель энергосбережения включает в себя всю национальную экономику, ее предложение и спрос как с точки зрения энергетики, так и с точки зрения экономики; как таковой, она указывает на возможные модели экономического роста. Также предполагается, что модель энергосбережения является динамическим оператором системы в том смысле, что она связывает настоящее с будущими состояниями системы. В создании макроэкономического роста модель энергетики-

экономики направлена на то, чтобы указать на роль спроса и предложения ресурсов (особенно энергетических технологий) на стороне ввода и энергетических продуктов, услуг на стороне выпуска. Модель одновременно учитывает потребности потребителей и производителей как основных инициаторов роста в энергетике и смежных отраслях.

Модель энергосбережения состоит из следующих основных элементов: модели макроэкономического роста, моделей затрат-выпуска (или предложения) и моделей энергоснабжения со стороны производителей, а также моделей потребления и моделей спроса на энергию со стороны потребителей. Следует отметить, что модель макроэкономического роста - это интегрирующий механизм, который объединяет все другие модели через классическое понятие экономического равновесия (предложение = спрос).

Модели затрат-выпуска представляют собой межотраслевые потоки и модели поведения производителей. В моделях энергоснабжения анализируется влияние новых энергетических технологий и оптимальная структура энергосистемы, что делает их наиболее важной отправной точкой в обеспечении экономического роста за счет энергии (в соответствии с предметом данной статьи). Хотя необходимо принимать во внимание общую модель энергоэкономики как основу макроэкономического роста, многие зарубежные авторы, отдельно выделяют модели энергоснабжения, которые вносят значительный вклад в экономическую деятельность и ускоряют экономику за счет новых энергетических технологий, особенно технологий возобновляемых источников энергии [2].

Рассматривая модель потребления, следует отметить, что она анализирует поведение потребителей, (т. е. распределяет совокупный спрос на энергетические продукты и услуги). Наконец, в моделях спроса на энергию анализируются многочисленные исследовательские вопросы (например, энергосбережение, ценовые эффекты, налоговые и тарифные эффекты, энергоэффективность и т. д.).

Предложенная модель энергоэкономики в качестве теоретической модели считается подходящей основой для сопровождения исследования, в частности, из-за общего равновесия производителей и потребителей в удовлетворении потребностей в энергии, экономических ресурсах, продуктах, услугах, как способ открыть реальную возможность для экономического роста. На таких основах равновесия между производителями и потребителями при полной загрузке мощностей или использовании ресурсов и активов можно проанализировать влияние технологий использования возобновляемых источников энергии на экономический рост и развитие.

При работе с энергоэкономической моделью для энергетической политики и вопросов глобального потепления многодисциплинарные области - энергетика, экономика и окружающая среда должны быть выражены в виде компонентов модели. Технологические инновации и повышение эффективности – это факторы, которые также должны быть включены в эту модель.

В настоящий момент многие исследователи в области анализа и прогнозирования развития *мировой энергетики* в области анализа и прогнозирования развития *мировой энергетики* для оценки национальных и региональных энергетических рынков предлагают интегрированные имитационные модели энергосистем, основанные на классической энергоэкономической модели.

Интегрированные имитационные модели энергосистем позволяют смоделировать и детализировать производство энергии в определенном регионе, основываясь на таких индикаторах как технологии управления спросом и предложением, включая конечное использование, конверсионные и производственные технологии. Спрос и развитие технологий происходит по экзогенному сценарию и очень часто, особенно в развивающихся странах, связаны с устаревшими моделями технологий и нерациональными ожиданиями. Удельный вес объемов спроса обычно разбит по промышленным подсекторам и процессам, жилым и служебным категориям, видам транспорта и др., что позволяет прогнозировать тенденции развития через сценарии развития технологий.

Каждая из интегрированных моделей смоделирована аналогичным образом, хотя и с другим базовым набором индикаторов. К основным интегрированным имитационным моделям относятся: модель общего равновесия, модель линейного программирования, модель динамической оптимизации.

В Модели общего равновесия основными индикаторами являются показатель ВВП и численность населения. Модель базируется на переменных фактора производства – труд, капитал и отраслевых фиксированных факторах. Данная модель уравнивает уровни производства и потребления для различных видов топлива, учитывая загрязнение окружающей среды.

Модель линейного программирования (инженерная модель, основанная на технологии снизу-вверх) разработана Международным энергетическим агентством (МЭА). Она была изначально предназначена для оценки возможного воздействия новых энергетических технологий на национальные или региональные системы.

Модель динамической оптимизации была создана для эффективного распределения ресурсов в США и обычно используется в долгосрочной перспективе. Данная модель является технологически ориентированной моделью. В качестве основных (объективных) индикаторов

выделяют технологии распределения и конечного использования энергии, в качестве субъективных индикаторов выступают *топливные поставки*, экологические ограничения, уровень проникновения технологий, энергетические стандарты и т.д. [1]

Рассмотренные модели весьма целостно показывают какие ресурсы и технологии влияют наиболее эффективно на национальные и региональные энергетические системы. В настоящий период энергоэкономическое моделирование, в частности интегрированные модели, позволяют создать достаточно точные сценарии развития энергетических технологий, сократить загрязнения окружающей среды и спроектировать возможные варианты будущего развития мировой энергетики.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Beer JM. Combustion technology developments in power generation in response to environmental challenges. *Prog Energy Combust Sci* 2000;26:301–27.
2. Boyle G. *Renewable energy: power for a sustainable future*. Oxford: Oxford University Press; 2010.

НАУЧНАЯ ДИПЛОМАТИЯ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

Е.Н.Скуратович

*Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, katherine.skuratovich@gmail.com*

Концепция «научной дипломатии» в современном мире рассматривается в качестве инструмента «мягкой силы» внешней политики. Научная дипломатия была важна на протяжении многих веков, она становится все более актуальной в мире, сталкиваемом с наднациональными проблемами, которые не были актуальны в глобальном масштабе в предыдущие века.

Ключевые слова: наука; международное сотрудничество; научная дипломатия.

SCIENCE DIPLOMACY IN TODAY'S WORLD

K. Skuratovich

Belarusian State University, Niezaliežnasci Avenue, 4, 220030, Minsk, Belarus

Nowadays the "Science diplomacy" concept could be considered as a "soft power" tool. Science diplomacy agenda has been important for many centuries, it is becoming more and more relevant in a world faced with supranational problems that were not applicable on a global scene in the previous time.

Keywords: science; international cooperation, science diplomacy.

Современный мир находится в состоянии технологических трансформаций, а научно-техническое и инновационное развитие набирает