

Перспективы развития возобновляемой энергетики в Великобритании, Турции и Нигерии

Нуркан Килинч-Ата

Исследователь-постдокторант и проектный аналитик, nurcankilinc@yahoo.com

Университет Стирлинга (University of Stirling), Великобритания, Stirling FK9 4LA, UK

Аннотация

Связь потребления возобновляемой энергии с экономическим ростом — актуальный предмет исследований, однако выводы о ее характере и направленности неоднозначны. В статье на репрезентативной выборке стран — Великобритании, Турции и Нигерии — анализируется влияние темпов экономического прогресса и стоимости электричества на распространение возобновляемой энергетики, составлен прогноз ее развития до 2030 г.

В долгосрочной перспективе интенсивность пользования возобновляемыми энергоресурсами будет определяться уровнем доходов населения и ценами на электроэнергию. Решающую роль в этом процессе сыграют политические инициативы, направленные на формирование новых энергетических рынков и регулирующих стандартов. Их эффектами станут не только укрепление энергетической и экологической безопасности, но и стабильный экономический рост.

Ключевые слова: возобновляемая энергия; энергопотребление; экономический рост; прогнозирование; векторная авторегрессия; международные сопоставления; Великобритания; Турция; Нигерия

Цитирование: Kilinc-Ata N. (2018) Assessing the Future of Renewable Energy Consumption for United Kingdom, Turkey and Nigeria. *Foresight and STI Governance*, vol. 12, no 4, pp. 62–77. DOI: 10.17323/2500-2597.2018.4.62.77

Связь энергопотребления и темпов экономического роста широко освещена в научной литературе. Уровень запасов и ценовая доступность энергоресурсов во многом определяют текущее состояние и перспективы развития экономики, качество жизни. Однако вклад потребления энергии из возобновляемых источников (*renewable energy*, далее — возобновляемой энергии, ВЭ) в экономический рост недостаточно изучен. В зависимости от уровня экономического развития стран правительства стимулируют развитие возобновляемой энергетики, руководствуясь разными соображениями, главное из которых — повышение качества жизни. Развитые страны стремятся укрепить энергетическую безопасность и противостоять изменению климата [Edenhofer et al., 2013; Hocaoglu, Karanfil, 2013; Johnstone et al., 2010], а развивающиеся и слабо-развитые — модернизировать энергетический сектор, обеспечить стабильное энергоснабжение и экономический рост [Kaygusuz et al., 2007; REN21, 2018]. Так, в Африке распространение возобновляемой энергетики позволило бы улучшить энергоснабжение сельских районов, повысить уровень жизни и ускорить экономическое развитие [Inglesi-Lotz, 2013].

Основной исследовательский вопрос нашей статьи — каким образом межстрановые различия влияют на взаимосвязь между потреблением ВЭ и экономической динамикой. Ответить на него поможет сравнительный анализ ситуации в государствах, существенно различающихся по уровню развития экономики, запасам энергоресурсов и политики в отношении возобновляемой энергетики. Великобритания, Турция и Нигерия соответствуют указанным критериям, и по ним имеются необходимые данные. Основные характеристики сравниваемых стран приведены в табл. 1.

Многочисленные исследования выявили положительную корреляцию между совокупным потреблением энергии и темпами экономического роста [Payne, 2010; Halicioglu, 2009; Bowden, Payne, 2010; Huang et al., 2008], в том числе для Великобритании [Humphrey, Stanislaw, 1979; Lee, Chien, 2010], Турции [Ocal, Aslan, 2013] и Нигерии [Ighodaro, 2010; Akinlo, 2009]. Однако лишь немногие авторы фокусировались на роли, которую играет в этом процессе возобновляемая энергетика [Apergis, Payne, 2010, 2014; Menyah, Wolde-Rufael, 2010; Sadorsky, 2009a], а для Великобритании, Турции и Нигерии подобные исследования не проводились вовсе.

В статье с применением уникального подхода изучается зависимость между уровнем потребления ВЭ и экономическим развитием представленных стран, охарактеризованы местные рынки и производство электроэнергии из возобновляемых источников. Для анализа взаимосвязей интенсивности потребления ВЭ с доходами и ценами на электричество использовалась стандартная модель векторной авторегрессии (ВАР). На основе выявленного динамического взаимодействия указанных переменных разработан прогноз экономического роста и темпов потребления ВЭ на период до 2030 г. Установлено, что изменение первого показателя существенно влияет на динамику второго. К аналогичным результатам ранее пришли другие ис-

следователи [Apergis, Payne, 2010; 2014; Menegaki, 2011; Sadorsky, 2009a, 2011], однако они использовали метод панельной ВАР, ограничиваясь определением связи между потреблением ВЭ и другими переменными, в частности уровнем выбросов двуокиси углерода (CO_2), ценами на нефть и валовым внутренним продуктом (ВВП). Изучение репрезентативной выборки государств с опорой на более свежие данные в сравнении с использованными в работах [Menegaki, 2011; Ohler, Fetters, 2014] дало нам возможность прийти к качественно новым выводам о том, как распространение ВЭ соотносится с общими темпами экономического роста. Насколько известно, ранее не предпринималось попыток применить выбранный подход, методы анализа, набор переменных и столь длительный период наблюдения к указанной группе стран.

Обзор литературы

Модель ВАР неоднократно служила инструментом для анализа связи потребления ВЭ с факторами, характеризующими экономическое развитие [Apergis, Payne, 2010, 2014; Menegaki, 2011; Sadorsky, 2009a, 2011; Ohler, Fetters, 2014]. С ее помощью изучена зависимость между масштабами использования ВЭ, уровнем доходов, ценами на нефть и ее потреблением в 1980–2008 гг. [Sadorsky, 2011]. Установлено, что рост благосостояния населения способствует увеличению потребления ВЭ.

Исследование для стран G7, охватившее период с 1980 по 2005 г., основанное на панельных тестах на единичные корни и коинтеграцию, констатировало, что значимый вклад в нарастание потребления ВЭ в долгосрочной перспективе вносят рост доходов и объемы выбросов CO_2 [Sadorsky, 2009a].

Структурированная модель ВАР применялась также для оценки влияния увеличивающейся доли возобновляемых источников электроэнергии на темпы экономического роста и динамику объема выбросов в Дании, Португалии, Испании и США в 1960–2004 гг. [Silva et al., 2012]. Показано, что интенсификация потребления ВЭ привела к увеличению среднедушевых показателей ВВП и уменьшению эмиссии CO_2 .

Изучение зависимости между потреблением ВЭ и различными макроэкономическими переменными (уровень доходов, цены на нефть, основные фонды, трудовые ресурсы) на национальном и региональном уровнях [Sadorsky, 2009b, 2011; Salim, Rafiq, 2012; Vaona, 2012] позволило заключить, что увеличение доходов положительно связано с ростом потребления ВЭ. Этот вывод носит интуитивный характер, так как подобные энергоресурсы обычно дороже традиционных, и их использование требует немалых затрат.

На основе панельной ВАР разработаны эмпирические модели, описывающие связь потребления ВЭ с динамикой уровня доходов в 18 развивающихся странах в 1994–2003 гг. [Sadorsky, 2009b]. Доказано положительное влияние роста доходов на уровень потребления энергии из возобновляемых источников, который в основном зависит от цен на такие носители, а не от совокупного спроса на электричество.

Табл. 1. Основные характеристики сравниваемых стран

Характеристики	Великобритания	Турция	Нигерия
Экономический статус	Развитая	Развивающаяся	Слаборазвитая
Географическое положение (регион мира)	Европа	Азия	Африка
Площадь (км ²)	242 495	783 562	923 768
Климат	Умеренный морской (мягкий; зимой температура не опускается существенно ниже 0°C, а летом не поднимается выше 32°C)	Жаркий средиземноморский (жаркое сухое лето и мягкая или прохладная, дождливая зима)	Тропический
Прирост ВВП в 2013 г. (%)	1.9	3.6	7.7
Прирост потребления ВЭ (%)*	19	19.3	1.97
Планируемая доля выработки электроэнергии из возобновляемых источников	20% к 2020 г.	30% к 2030 г.	10% к 2025 г.

Примечание: * — для Великобритании — данные за 2011 г., для Турции и Нигерии — за 2012 г. Для сравнения: среднемировой показатель потребления энергии из возобновляемых источников в течение первого десятилетия XXI в. увеличился на 4.4%.

Источник: составлено автором по материалам [IRENA, 2018a; World Bank, 2013; Pao, Fu, 2013; Ward, Inderwildi, 2013; Melikoglu, 2013; Yusuf, 2014].

В работе [Apergis, Payne, 2010] методом панельной VAR изучена зависимость между потреблением ВЭ и экономическим ростом в 20 странах ОЭСР в период с 1985 по 2005 г. Использовалась агрегированная производственная функция, описывающая связь между производительностью, трудовыми ресурсами, капиталом и потреблением ВЭ. Доказана взаимозависимость потребления ВЭ и экономического роста в кратко- и долгосрочной перспективе.

Связь потребления ВЭ с уровнем доходов и объемом выбросов загрязняющих веществ установлена в ходе анализа панельных данных и динамических рядов за 1980–2006 гг. по шести развивающимся странам: Бразилии, Китаю, Индии, Индонезии, Филиппинам и Турции [Salim, Rafiq, 2012]. В качестве детерминант потребления ВЭ рассматривались доходы, выбросы загрязняющих веществ и цены на нефть. Это позволяет предположить, что в долгосрочной перспективе уровень потребления ВЭ в значительной степени определяется доходами, тогда как негативное влияние цен на нефть на использование ВЭ в упомянутых государствах играет меньшую роль.

Анализ данных за 1990–2008 гг. для 20 стран ОЭСР выявил краткосрочную двустороннюю связь между совокупной генерацией электроэнергии из возобновляемых источников и объемом ВВП [Ohler, Fetters, 2014]. Изучение ситуации в странах Центральной Америки в 1980–2006 гг. с помощью панельной VAR показало, что потребление ВЭ¹ и экономический рост в долгосрочной перспективе взаимозависимы [Apergis, Payne, 2014].

Мнения исследователей в отношении зависимости между потреблением ВЭ и темпами экономического роста разделились: одни считают ее обоюдонаправленной, другие — односторонней. Тест Грейнджера на причинность (Granger Causality Test) [Granger, 1980] позволил выявить однонаправленную связь для Италии [Vaona, 2012]². В случае с США установлена аналогичная поло-

жительная зависимость объема ВВП от интенсивности использования биомассы [Payne, 2011].

Анализ потребления ВЭ, уровней выбросов CO₂, использования атомной энергии и динамики реального ВВП в США за 1960–2007 гг., проведенный на основе модели VAR, констатировал одностороннюю причинно-следственную связь между использованием атомной энергии и уровнем выбросов CO₂, а также объемом ВВП и уровнем потребления ВЭ, тогда как связи генерации ВЭ с эмиссией углекислого газа выявлено не было [Menyah, Wolde-Rufael, 2010]. Применение панельной VAR в исследовании по 27 европейским странам за 1997–2007 гг. указало на отсутствие связи между потреблением ВЭ и величиной ВВП [Menegaki, 2011].

На основании литературного обзора можно констатировать высокий интерес к изучению причинно-следственной зависимости между потреблением ВЭ и экономическим прогрессом. Тем не менее выводы в отношении ее направленности пока неоднозначны. К тому же при разработке прогнозных моделей необходимо учитывать данные за последние три года, на которые пришелся существенный рост потребления ВЭ.

Исходные данные и методология

Данные

Основой для нашего исследования послужила ежегодная статистика потребления ВЭ (gen), цен на электроэнергию (ep) и уровня доходов (gdp) для Великобритании, Турции и Нигерии за 1990–2012 гг. Источники данных приведены в табл. 2.

Данные о *потреблении ВЭ* (в млрд кВт/ч) получены из базы IEA. Под возобновляемой энергетикой понимается генерация электричества с применением энергии ветра, солнца, геотермальных источников, биомассы, приливов и отливов, гидроэнергии. В основе расчетов лежали цены на электроэнергию, а не на нефть (самый

¹ Потребление ВЭ определено как совокупный объем потребления электроэнергии из возобновляемых источников (млн кВт/ч).

² Исследовалась динамика уровня потребления ВЭ и реального объема ВВП за период 1861–2000 гг., с годовой периодичностью.

Табл. 2. Источники информации

Организация	Английское наименование	Ссылка
Всемирный банк	World Bank	[World Bank, 2013]
Международное энергетическое агентство (МЭА)	International Energy Agency (IEA)	https://www.iea.org/energyaccess/database/
Турецкий статистический институт	Turkish Statistical Institute (TUIK)	http://www.turkstat.gov.tr/
Центр энергетических исследований Великобритании	United Kingdom Energy Research Centre (UKERC)	http://www.ukerc.ac.uk/
Международное агентство по возобновляемым источникам энергии	International Renewable Energy Agency (IRENA)	[IRENA, 2018b]
Управление международной энергетической информации США	US International Energy Statistics (EIA)	https://www.eia.gov/outlooks/ieo/

Источник: составлено автором.

дорогой источник энергии), поскольку этот показатель тесно связан с использованием возобновляемых энергоресурсов и играет важную роль в энергетическом балансе большинства государств [Silva et al., 2012].

Показатели *среднедушевого ВВП* (в долларах США), измеряемые Всемирным банком, характеризуют уровень экономического благосостояния государств. Мы опираемся на среднедушевые показатели, поскольку они обеспечивают более корректное и объективное сопоставление стран с различной численностью населения [Aqeel, Butt, 2001]. По ключевому индикатору экономического роста — ВВП — косвенно оценивается уровень доходов [Marques, Fuinhas, 2011; Sadorsky, 2009a]. Экономический рост в литературе по данной тематике определяется в терминах объема ВВП (реального или среднедушевого) либо темпов его прироста. Исследования характеризуются вариативностью применяемых эконометрических методологий, данных по странам и периодам времени [Apergis, Payne, 2010; Bretschenger, 2010; Bruns, Gross, 2013; Chiou-Wei et al., 2008; Gross, 2012; Payne, Taylor, 2010]. Так, причинная связь Грейнджера между потреблением энергии и величиной реального ВВП не обнаружена [Payne, Taylor, 2010; Menyah, Wolde-Rufael, 2010; Chiou-Wei et al., 2008], однако между двумя упомянутыми показателями выявлено долгосрочное равновесие [Apergis, Payne, 2010; Belke et al., 2011; Mohammadi, Parvaresh, 2014].

Значения *переменной цена на электроэнергию* извлечены из баз данных TUIK, UKERC и Всемирного банка. При расчете индекса текущих цен на топливо в качестве базовой использовалась величина за 2005 г. Учет цен на электричество обеспечил дополнительный «канал» причинной связи. Хотя во многих предшествующих исследованиях эта переменная не применялась (например, [Yildirim et al., 2012]), в нашей работе она служит косвенным показателем, поскольку стоимость электричества влияет на потребление энергии и экономический рост. Рост цен сигнализирует о предстоящем падении спроса на энергию и, как следствие, снижении энергопотребления [Odhiambo, 2010]. Иными словами, потребность в энергии иллюстрирует общий уровень ее использования, а энергопотребление показывает объем, реально задействованный в течение определенного времени.

На протяжении исследуемого периода в Великобритании и Турции потребление ВЭ росло, тогда как

в Нигерии оставалось стабильным (рис. 1a). Во всех трех государствах отмечено увеличение среднедушевого ВВП (рис. 1b) и цен на электроэнергию (рис. 1c). Рис. 1 иллюстрирует разнородную динамику страновых данных. Например, на рис. 1b рост является скорее квадратичным, чем линейным, а из рис. 1c видно, что в Великобритании в определенный период цены на электроэнергию снижались.

Выбранные переменные обеспечили сопоставимость с данными, собранными в ходе предыдущих исследований. Поэтому новейшие сведения, используемые в статье, вполне можно сравнивать с информацией за предшествующие периоды.

Методология

Применяя стандартную методологию ВАР, мы изучили зависимости между потреблением ВЭ, уровнем доходов и ценами на электроэнергию. На основе выявленной динамики их взаимодействия составлен прогноз связи потребления ВЭ с экономическим ростом на период до 2030 г. Подход выбран ввиду отсутствия необходимости «назначать» те или иные переменные зависимыми или объясняющими, поскольку в модели ВАР все компоненты считаются эндогенными, т. е. отражающими реальную взаимосвязь. Такая модель обеспечивает оптимальную структуру для анализа данных, способную выявить и учесть их сложные динамические характеристики [Sadorsky, 2011; Taylor, 2010], позволяет прогнозировать эффекты политических инициатив и радикальных экономических перемен [Tiwari, 2011]. В отличие от векторной модели исправления ошибок, ВАР идеально подходит для выполнения теста Грейнджера на причинность и анализа макроэкономической реакции стран на динамику потребления ВЭ. Сфера ее применения не ограничивается расчетами интегрированных динамических рядов, отсутствует требование приводить все данные к одному порядку [Giles, 2011].

Стандартная модель ВАР выглядит следующим образом:

$$Y_t = \Gamma(L)Y_{t-1} + \varepsilon_t, \quad (1)$$

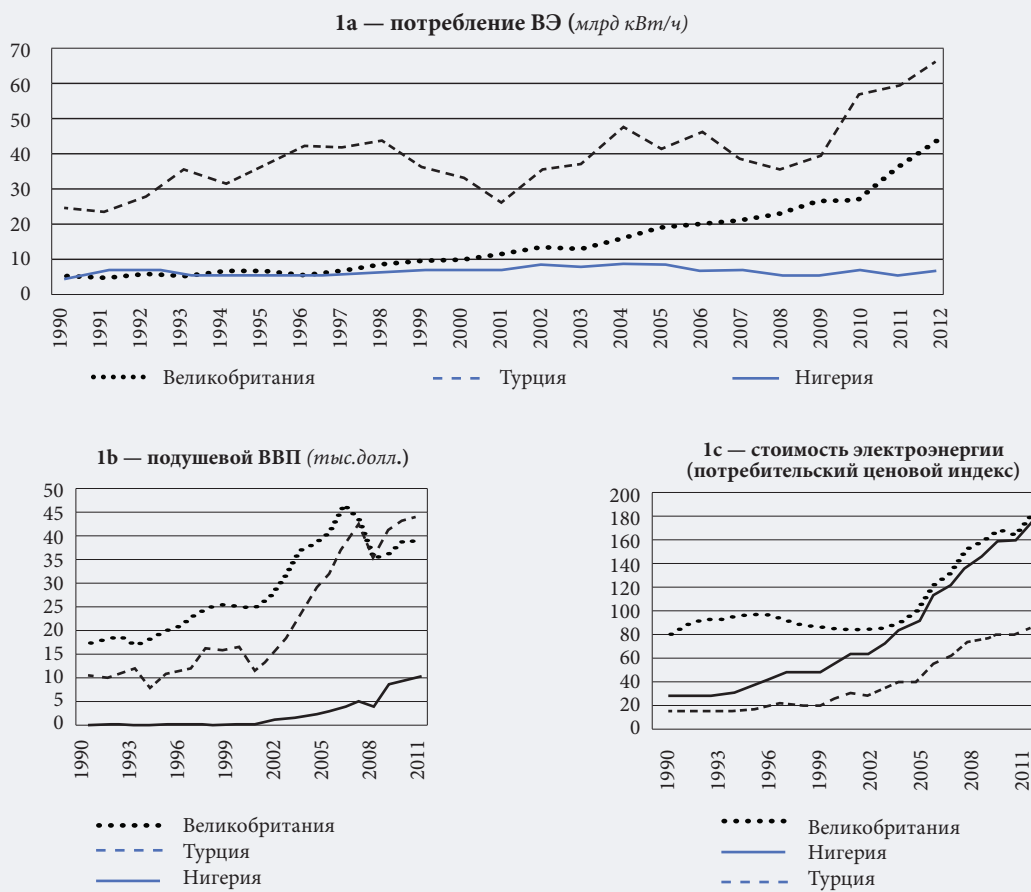
где: Y_t — вектор стационарных переменных $\{\Delta REN, \Delta GDP, \Delta CEP\}$;

ΔREN — первая разница в потреблении ВЭ;

ΔGDP — среднедушевой экономический рост;

ΔCEP — изменение цен на электроэнергию;

Рис. 1. Динамика показателей



Источник: расчеты автора.

ϵ_t — вектор ошибок;

$\Gamma(L)$ — лаговый оператор, который рассчитывается по формуле:

$$\Gamma(L) = \Gamma_1 L^1 + \Gamma_2 L^2 + \dots + \Gamma_p L^p. \quad (2)$$

Модель также предусматривает возможность использования остаточных членов и шоковых импульсов для расчета функций импульсной характеристики (*impulse response function, IRF*) и декомпозиции дисперсии ошибок прогноза (*forecast error variance decomposition, FEVD*). Значения IRF и FEVD демонстрируют соответственно динамическую характеристику и величину совокупного эффекта. Оценка взаимосвязи потребления ВЭ, экономического роста и цен на электричество основана на значениях IRF и FEVD после применения модели VAR. IRF обычно иллюстрирует эффект шоковых импульсов на динамику переменных, FEVD — влияние соответствующих шоков на дисперсию ошибок прогноза. Оба показателя позволяют оценить, как именно шоковые воздействия на отдельные экономические переменные влияют на состояние системы в целом [Phillips, 1998].

IRF рассчитывается с помощью разложения Холецкого (*Cholesky decomposition*), учитывающего параллельное наличие связей между всеми переменными.

Первая переменная системы VAR одновременно воздействует на все остальные, тогда как последующие переменные влияют на предыдущие только в лаговой форме [Aziz, Dahalan, 2015]. С помощью разложения Холецкого переменные (*ren; gdp; ep*) ранжируются в порядке убывания эндогенности.

Шаг запаздывания (лаг) для модели был установлен на основе информационного критерия Акаике (*Akaike Information Criteria, AIC*) [Akaike, 1974], оптимально подходящего для небольших выборок [Ozturk, Acaravci, 2013]. Все переменные проверялись на стационарность и коинтеграцию, а также на наличие причинной связи Грейнджера. С помощью предиктивной модели, тоже базирующейся на методе VAR, составлен динамический прогноз для Великобритании, Турции и Нигерии на период 2013–2030 гг., основанный на имеющихся рядах данных. Переменные рассчитывались посредством программных приложений E-views и Stata.

Сводная статистика

В табл. 3 приведена сводная статистика значений переменных в интересующих нас странах. Для анализа и объяснения характеристик переменных выполнялись диагностические тесты. Вначале подбирался шаг запаздывания. Ряды данных проверялись на наличие

Табл. 3. Сводная статистика значений переменных за период 1990–2012 гг.

	uk_ren	uk_gdp	uk_ep	t_ren	t_gdp	t_ep	n_ren	n_gdp	n_ep
Среднее значение	15.45759	29293.26	108.8696	37.72006	5532.397	97.61371	6.039212	781.5134	71.96087
Медиана	12.02800	25870.99	92.80000	35.49400	4219.544	74.11461	5.850000	377.5003	57.30000
Максимум	43.82253	46610.53	181.4000	64.37187	10666.06	206.0910	8.152000	2722.298	178.9000
Минимум	5.321000	17270.12	80.20000	22.57500	2268.397	46.70890	4.343000	153.0762	3.930000
Стандартное отклонение	10.47715	9311.265	31.56791	10.63177	3028.173	55.77279	0.965901	766.0461	55.36502
Асимметрия	1.180469	0.284903	1.104866	0.840289	0.650318	0.793446	0.746967	1.519842	0.506311
Эксцесс	3.690039	1.695320	2.676368	3.428594	1.795478	2.034864	3.321090	4.071345	2.035646
Тест Харке—Бера	5.798087	1.942417	4.779835	2.882703	3.011588	3.305975	2.237647	9.954652	1.873909
Вероятность	0.055076	0.378625	0.091637	0.236608	0.221841	0.191477	0.326664	0.006892	0.391819
Сумма	355.5245	673745.1	2504.000	867.5614	127245.1	2245.115	138.9019	17974.81	1655.100
Суммарное квадратичное отклонение	2414.957	1.91e+09	21923.73	2486.758	2.02e+08	68433.29	20.52523	12910187	67436.28
Число наблюдений	23	23	23	23	23	23	23	23	23

Источник: расчеты автора.

либо отсутствие единичных корней (нестационарные/стационарные). Затем тестировались коинтеграционные характеристики и устанавливалась направленность причинной связи интересующих нас переменных.

Установление шага запаздывания

Ключевую роль в обеспечении корректности проверки на коинтеграцию играет выбор адекватного значения шага запаздывания. Чрезмерно короткий шаг не позволит отследить динамику системы, что может повлечь за собой выпадение переменных, искажение коэффициентов и возникновение ошибок при выявлении корреляции рядов данных [Kireyev, 2000]. Излишне большое значение шага запаздывания приведет к быстрой потере степени свободы и избыточной параметризации. Другими словами, подбор его оптимальной величины предотвратит «перепараметризацию» модели. Применение информационных критериев Акаике (AIC), Ханнана-Куинна (*Hannan-Quinn Information Criterion*, HQIC) [Hannan, Quinn, 1979] и байесовского критерия Шварца (*Schwarz Bayesian Criterion*, SBC) [Schwarz, 1978] показало, что адекватным шагом запаздывания для проверки на коинтеграцию будет значение VAR=4, которое и было использовано в ходе оценки (табл. 4).

Стационарность

Функции автокорреляции (*autocorrelation function*, ACF) и частичной автокорреляции (*partial autocorrelation function*, PACF) свидетельствуют о нестационарном характере рассматриваемых переменных (потребления ВЭ, экономического роста и цены на электроэнергию). Выполнялись формальные тесты на стационарность (единичные корни). В соответствии с правилами общего и частного анализа стационарности учитывались константа, временной тренд и четыре шага запаздывания. На уровне динамических рядов нулевые гипотезы о нестационарности переменных подтвердились; следо-

вательно, ни одна переменная не является стационарной.

Интеграция рядов оценивалась посредством теста на единичные корни [Ng, Perron, 2001], расширенного теста Дики-Фуллера (ADF) [Dickey, Fuller, 1981] и теста Филлипса-Перрона (PP) [Phillips, Perron, 1988], после чего выявлялась природа коинтеграции [Abbott, De Vita, 2003]. Диагностические тесты на стационарность играют критическую роль, поскольку две категории динами-

Табл. 4. Выбор шага запаздывания на основе информационных критериев

Lag	LL	LR	p	AIC	HQIC	SBC
Великобритания						
0	47.048			-5.18211	-5.1675	-5.03507
1	52.5228	10.95	0.279	-4.76739	-4.70893	-4.17924
2	76.3458	47.646	0.000	-6.51127	-6.40896	-5.482
3	86.8965	21.102	0.012	-6.69371	-6.54755	-5.22333
4	134.313	94.834*	0.000	-11.2133*	-11.0233*	-9.30186*
Турция						
0	10.3676			-0.86678	-0.852164	-0.719743*
1	22.5791	24.423	0.004	-1.2446	-1.18614	-0.65645
2	29.6669	14.176	0.116	-1.01964	-0.917328	0.009625
3	38.4023	17.471	0.042	-0.988507	-0.842349	0.48187
4	59.7156	42.627*	0.000	-2.43712*	-2.24712*	-0.525635
Нигерия						
0	16.466			-1.58424	-1.56962	-1.4372
1	29.7209	26.51	0.002	-2.08481	-2.02634	-1.49666
2	39.5511	19.66	0.020	-2.18248	-2.08017	-1.15322
3	53.3843	27.666	0.001	-2.75109	-2.60494	-1.28072
4	89.2336	71.699*	0.000	-5.90983*	-5.71983*	-3.99834*

Примечания: Lag — шаг запаздывания; эндогенные переменные — потребление ВЭ, ВВП, цены на электроэнергию; экзогенные — константа.
Источник: расчеты автора.

Табл. 5. Тестирование динамических рядов (уровней) на единичные корни

Данные	Тест ADF						Данные	Тест PP					
	Свободный член, отсутствие тренда			Свободный член, наличие тренда				Свободный член, отсутствие тренда			Свободный член, наличие тренда		
	lags	t-stat	%5 level*	lags	t-stat	%5 level*		lags	t-stat	%5 level*	lags	t-stat	%5 level*
ren_uk	2	1.82	-3.02	3	-1.38	-3.67	ren_uk	21	4.71	-3.00	6	-2.56	-3.63
ren_t	3	-0.74	-3.02	2	-3.64	-3.65	ren_t	2	-1.40	-3.00	2	-2.34	-3.63
ren_n	3	-2.29	-3.02	3	-2.77	-3.67	ren_n	2	-3.22	-3.00	2	-3.06	-3.63
Gdp_uk	4	-0.76	-3.04	3	-2.86	-3.67	Gdp_uk	1	-1.00	-3.00	0	-1.46	-3.63
Gdp_t	0	-0.34	-3.00	0	-2.55	-3.63	Gdp_t	0	-0.34	-3.00	0	-2.55	-3.63
Gdp_n	3	1.34	-3.02	4	-0.90	-3.69	Gdp_n	3	1.07	-3.00	10	-2.96	-3.63
Ep_uk	1	0.32	-3.01	1	-1.30	-3.64	Ep_uk	2	0.44	-3.00	2	-0.71	-3.63
Ep_t	0	0.75	-3.00	0	-2.39	-3.63	Ep_t	2	0.88	-3.00	4	-2.42	-3.63
Ep_n	4	-2.91	-3.04	1	-4.97	-3.64	Ep_n	1	-3.59	-3.00	1	-1.62	-3.63

Примечание: * — уровень значимости 5% (5%-е критическое значение) и шаг запаздывания, установленный в соответствии с информационным критерием Акаике (указан в первом столбце).

Источник: расчеты автора.

ческих рядов используются по-разному [Brooks, 2008]. Нестационарные переменные не имеют постоянного среднего значения, что ведет к существенной гетероскедастичности [Enders, 1995]. Тесты на единичные корни ADF и PP показывают, что все ряды данных стационарны, другими словами, интегрированы с порядком 0, т. е. I(0). Характеристики динамических рядов переменных (уровней) и первой разницы оценивались с помощью двух разных тестов на единичные корни — ADF и PP. Некоторые результаты зависят от применяемого теста (ADF или PP) и от тренда.

В соответствии с методологией общего и частного анализа стационарности, тестов на единичные корни использовались константа, временной тренд и четыре шага запаздывания. Как правило, вначале рассматривается гипотеза о том, что единичный корень имеет некий тренд. Например, если динамический ряд представлен в логарифмической форме, подразумевается постоянно растущий (или снижающийся) темп изменений [Perron, 1988]. В отношении динамических рядов (уровней) под-

твердились нулевые гипотезы о том, что переменные не являются стационарными. Результаты тестов оказались ниже пороговой величины 5% уровня значимости для каждого ряда. Значение H_0 не отвергается, поскольку все переменные не стационарны. Расчеты приведены в табл. 5. После первой разницы в каждом динамическом ряду (уровне) присутствует единичный корень, но практически все ряды в первой разнице стационарны, что свидетельствует об их интегрированности первого порядка, т. е. I(1). Согласно выкладкам, приведенным в табл. 6, второй тест ADF выявил первую разницу значений, следовательно большинство рядов оказались стационарными (демонстрируют более отрицательные значения, чем соответствующие критические величины). В соответствии с расчетами по первой разнице значений ряды, характеризующие цены на ВЭ в Великобритании и Нигерии, не являются стационарными. Они становятся таковыми после второй разницы значений, что свидетельствует об их интегрированности в I(2). Результаты тестов ADF и PP, представленные

Табл. 6. Тестирование первых разностей на единичные корни (первая разница значений переменных)

Данные	Тест ADF						Данные	Тест PP					
	Свободный член, отсутствие тренда			Свободный член, наличие тренда				Свободный член, отсутствие тренда			Свободный член, наличие тренда		
	lags	t-stat	%5 level*	lags	t-stat	%5 level*		lags	t-stat	%5 level*	lags	t-stat	%5 level*
ren_uk	1	-3.94	-3.02	1	-4.81	-3.65	ren_uk	10	-6.62	-3.01	20	-14.94	-3.64
ren_t	2	-3.62	-3.02	2	-3.49	-3.67	ren_t	1	-4.83	-3.01	1	-4.71	-3.64
ren_n	3	-2.19	-3.04	0	-6.25	-3.64	ren_n	0	-6.48	-3.01	0	-6.25	-3.64
Gdp_uk	3	-2.60	-3.04	3	-2.55	-3.69	Gdp_uk	5	-3.18	-3.01	6	-3.08	-3.63
Gdp_t	0	-5.31	-3.01	0	-5.23	-3.64	Gdp_t	0	-5.31	-3.01	0	-5.23	-3.64
Gdp_n	0	-5.00	-3.01	3	-4.96	-3.69	Gdp_n	3	-5.15	-3.01	14	-9.74	-3.64
Ep_uk	0	-2.28	-3.01	3	-2.60	-3.64	Ep_uk	1	-2.26	-3.01	1	-2.84	-3.64
Ep_t	0	-4.49	-3.01	0	-4.76	-3.64	Ep_t	1	-4.49	-3.01	3	-4.80	-3.64
Ep_n	0	-1.64	-3.01	1	-2.45	-3.65	Ep_n	1	-1.80	-3.01	2	-3.00	-3.64

Примечание: * — уровень значимости 5% (5%-е критическое значение) и шаг запаздывания, установленный в соответствии с информационным критерием Акаике (указан в первом столбце).

Источник: расчеты автора.

Табл. 7. Тестирование вторых разностей на единичные корни (вторая разность значений переменных)

Данные	Тест ADF						Данные	Тест PP					
	Свободный член, отсутствие тренда			Свободный член, наличие тренда				Свободный член, отсутствие тренда			Свободный член, наличие тренда		
	lags	t-stat	%5 level*	lags	t-stat	%5 level*		lags	t-stat	%5 level*	lags	t-stat	%5 level*
ren_uk	2	-5.06	-3.85	2	-4.94	-3.69	ren_uk	8	-14.95	-3.02	8	-14.82	-3.65
ren_t	0	-8.83	-3.02	4	-3.47	-3.73	ren_t	3	-10.35	-3.02	3	-10.24	-3.65
ren_n	1	-6.90	-3.02	1	-6.73	-3.67	ren_n	19	-22.69	-3.02	19	-26.01	-3.65
Gdp_uk	1	-6.09	-3.02	1	-6.01	-3.67	Gdp_uk	14	-9.02	-3.02	14	-9.08	-3.65
Gdp_t	0	-8.53	-3.02	0	-8.30	-3.65	Gdp_t	9	-16.80	-3.02	10	17.68	-3.65
Gdp_n	4	-4.25	-3.06	3	-4.49	-3.71	Gdp_n	17	-19.87	-3.02	15	23.37	-3.65
Ep_uk	0	-5.59	-3.02	0	-5.53	-3.65	Ep_uk	1	-5.63	-3.02	0	-5.53	-3.65
Ep_t	2	-4.50	-3.04	2	-4.86	-3.69	Ep_t	11	-14.40	-3.02	9	15.99	-3.65
Ep_n	0	-4.46	-3.02	0	-4.20	-3.65	Ep_n	3	-4.66	-3.02	5	-5.01	-3.65

Примечание: * — уровень значимости 5% (5%-е критическое значение) и шаг запаздывания, установленный в соответствии с информационным критерием Акаике (указан в первом столбце).
Источник: расчеты автора.

в табл. 7, показывают, что критические значения 5% уровня значимости менее отрицательны, чем результаты тестирования по каждому ряду. Поскольку все переменные стационарны, значение $H(0)$ отвергается.

Коинтеграционный анализ

После тестирования на стационарность проводился коинтеграционный анализ. Согласно полученной статистике следа (λ_{max}) и собственных значений для каждой страны выявлена долгосрочная связь потребления ВЭ с экономическим ростом и ценами на электроэнергию. Нулевая гипотеза об отсутствии коинтеграции была отвергнута в пользу альтернативного тезиса о том, что коинтеграционная связь на 5% уровне значимости присутствует как минимум в одном случае (для Нигерии). Результаты коинтеграционных тестов соответствуют априорному допущению о стационарности переменных.

Все переменные были включены в модель VAR на уровне динамических рядов, с использованием в необходимых случаях шага запаздывания, что позволило избежать потери значимой информации в результате перемещения данных о динамических рядах значений переменных [Kireyev, 2000]. Расчеты по коинтеграционным тестам приведены в табл. 8.

Известно, что результаты коинтеграционных тестов зачастую имеют низкую статистическую значимость, особенно в случае использования коротких динамических рядов [Belke et al., 2011]. Коинтеграция переменных проверяется с помощью специальных измерений, таких как тест Йохансена на максимальное правдоподобие. В его основе лежит следующее допущение: в соответствии с нулевой гипотезой (H_0) имеются r коинтеграционных векторов, а согласно альтернативной гипотезе (H_1) таких векторов $r+1$ или больше [Brooks,

Табл. 8. Коинтеграционный тест Йохансена (тренд: константа, лаг = 4)

Максимальный ранг	Параметрическое значение	LL	Собственные значения (eigenvalue)	Статистика следа (λ_{max})	5% критическое значение	1% критическое значение
Великобритания						
0	30	76.281248		116.0644	29.68	35.65
1	35	112.98909	0.98668	42.6487	15.41	20.04
2	38	130.95271	0.87917	6.7215	3.76	6.65
3	39	134.31347	0.32658			
Турция						
0	30	30.406466		58.6182	29.68	35.65
1	35	45.425247	0.82914	28.5806	15.41	20.04
2	38	56.132362	0.71625	7.1664	3.76	6.65
3	39	59.715562	0.34397			
Нигерия						
0	30	51.050487		76.3662	29.68	35.65
1	35	83.416096	0.97780	11.6350*,**	15.41	20.04
2	38	87.338587	0.36964	3.7900	3.76	6.65
3	39	89.233586	0.19984			

Примечание: Наличие коинтеграционной связи: * — значимость на уровне 1%; ** — значимость на уровне 5%.
Источник: расчеты автора.

Табл. 9. Значения импульсной характеристики

Шаг	Изменение потребления ВЭ в ответ на импульс ВВП			Изменение ВВП в ответ на импульс потребления ВЭ		
	IRF	Нижний предел*	Верхний предел*	IRF	Нижний предел*	Верхний предел*
0	0	0	0	0.129837	0.041622	0.218052
1	-0.021632	-0.063027	0.019763	-0.155564	-0.270597	-0.040532
2	0.040584	-0.014034	0.095201	0.013535	-0.107074	0.134145
3	-0.025187	-0.078152	0.027778	0.070993	-0.063262	0.205248
4	0.00415	-0.042702	0.051002	-0.056148	-0.180937	0.06864
5	0.009342	-0.03387	0.052554	0.025267	-0.059429	0.109963
6	-0.016782	-0.053222	0.019658	0.00568	-0.082561	0.093922
7	0.012847	-0.018325	0.044018	-0.026774	-0.10865	0.055103
8	-0.001571	-0.028398	0.025256	0.020374	-0.037378	0.078126
9	-0.006052	-0.029513	0.017408	-0.002498	-0.044919	0.039924
10	0.00697	-0.012225	0.026164	-0.00701	-0.053275	0.039256
Шаг	Изменение потребления ВЭ в ответ на импульс цен			Изменение цен в ответ на импульс потребления ВЭ		
	IRF	Нижний предел*	Верхний предел*	IRF	Нижний предел*	Верхний предел*
0	0	0	0	0.000646	-0.030654	0.031946
1	0.00973	-0.041043	0.060504	-0.034834	-0.064462	-0.005206
2	-0.03622	-0.106353	0.033914	0.011393	-0.018633	0.041418
3	0.024402	-0.027108	0.075913	0.017364	-0.013523	0.048251
4	0.004931	-0.030296	0.040159	-0.009334	-0.033847	0.01518
5	-0.016644	-0.051474	0.018186	0.000057	-0.020569	0.020683
6	0.014873	-0.021251	0.050998	0.000853	-0.016769	0.018474
7	-0.006975	-0.034516	0.020566	-0.003537	-0.01881	0.011736
8	-0.003459	-0.02586	0.018943	0.003204	-0.007783	0.014191
9	0.008274	-0.013356	0.029905	0.000627	-0.007485	0.008739
10	-0.00557	-0.022887	0.011747	-0.001856	-0.009575	0.005863

Примечание: * — 95% нижний и верхний пределы.
Источник: расчеты автора.

2008]. Поскольку тест на единичные корни выявил не-стационарность переменных (как для уровней, так и для разниц), итог коинтеграционных тестов соответствует исходным допущениям о стационарности переменных.

Эмпирические результаты и дискуссия

Все переменные были переведены в формат натуральных логарифмов [Ewing et al., 2007; Narayan, Prasad, 2008; Sadorsky, 2009a] с применением логарифмической разницы, чтобы гарантировать их стационарность. Алгоритм оценивания заключался в идентификации модели с помощью тестирования на стационарность, выборе шага запаздывания, выявлении причинной связи и использовании ограничений на измерение функций импульсной характеристики и декомпозиции дисперсии ошибок прогноза. Для каждой страны разработана предиктивная модель на период 2013–2030 гг. Далее представлены результаты использования функций импульсной характеристики, декомпозиции дисперсии ВАР и предиктивной модели.

Анализ импульсной характеристики

Для изучения связи между потреблением ВЭ, экономическим ростом и ценами на электроэнергию использовалась методология IRF. Функции импульсной

характеристики применимы только в условиях стабильности модели ВАР, и ее необходимо обеспечить при использовании IRF, чтобы корректно интерпретировать результаты [Sadorsky, 2011]. Величины IRF иллюстрируют влияние шоков, испытанных тем или иным компонентом модели, на текущие и будущие значения всех эндогенных переменных [Silva et al., 2012]. Значимость установлена для 95% доверительных интервалов. Поле ошибок определялось с помощью метода Монте-Карло (1000 повторений). По доверительным интервалам гипотезы, выбранным для оценки важности шоковых импульсов, рассчитывались стандартные ошибки. IRF показывает, в течение какого времени и в какой степени потребление ВЭ меняется вследствие непредвиденных изменений уровня доходов или цен на электроэнергию [Lee, Chiu, 2011].

Данные IRF, представленные в табл. 9, демонстрируют, что в интересующих нас странах потребление ВЭ существенно, причем отрицательно, менялось в случае 10% изменения экономического роста: на 0.2% (отрицательно) в краткосрочной перспективе и на 0.06% (положительно) — в долгосрочной. Можно констатировать, что среди прочих факторов на потребление ВЭ в изучаемых государствах в течение рассматриваемого периода влияли шоковые изменения уровня доходов, а экономический рост в странах, включенных в выборку,

существенно и положительно меняется в случае шокового изменения потребления ВЭ. Последний показатель также значимо и положительно трансформировался в случае 10% изменения цен на электричество: на 0.09% в краткосрочной перспективе и на 0.05% (отрицательно) в долгосрочной. В графическом виде прогноз коинтеграции индикаторов по странам представлен на рис. 2, 3 и 4.

Выводы нашего исследования соответствуют эмпирическим результатам, приведенным в работах [Apergis, Payne, 2014, 2010; Tugcu et al., 2012], в которых установлено, что функция причинности Грейнджера лучше объясняет взаимозависимость этих переменных в долгосрочной перспективе. Напротив, выводы, полученные Менегаки [Menegaki, 2011] с использованием аналогичного подхода, не подтверждают наличие причинной связи Грейнджера между потреблением ВЭ и величиной доходов.

Декомпозиции дисперсии

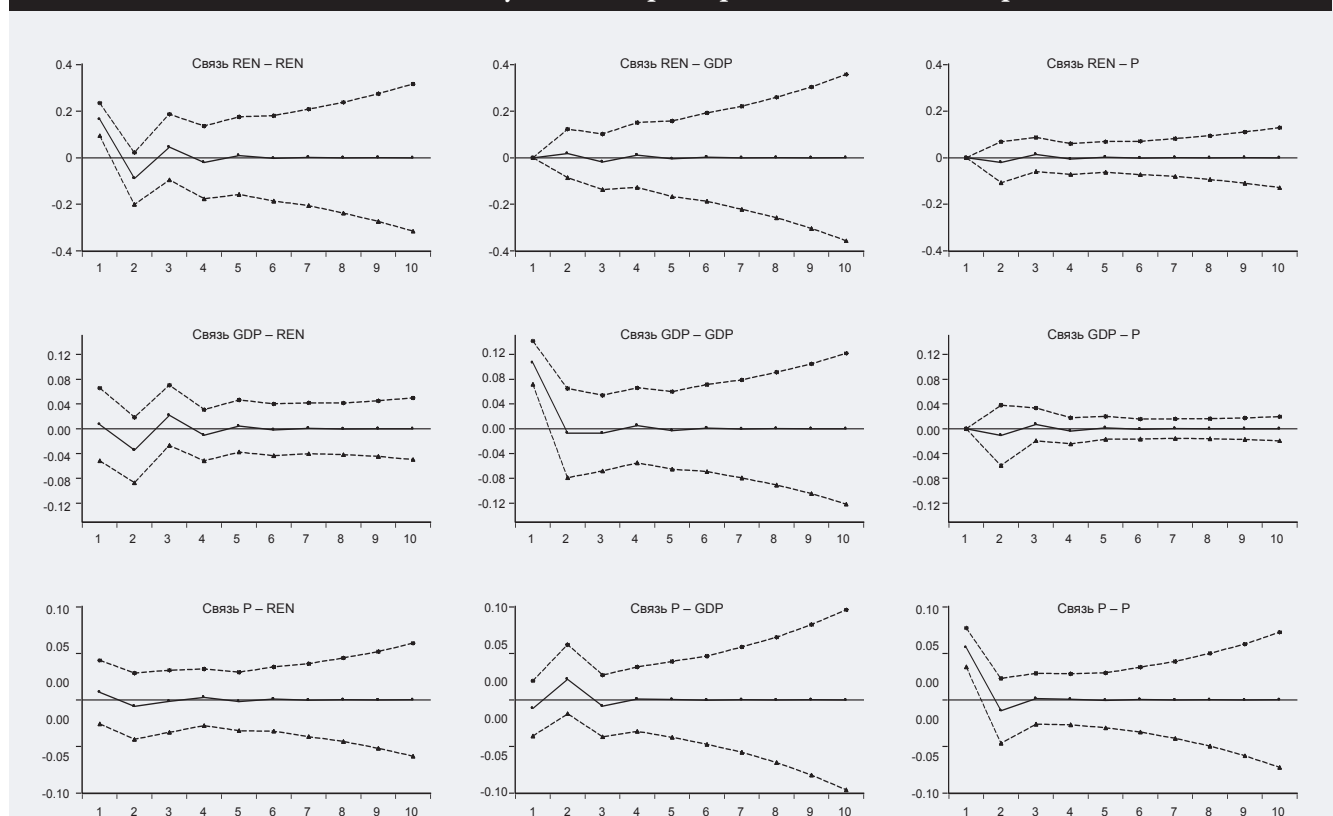
Связь между уровнями потребления ВЭ, доходов и цен на электроэнергию дополнительно анализировалась в кратко- и долгосрочной перспективе с помощью усовершенствованного метода декомпозиции дисперсии ошибок прогноза. Итоги представлены в табл. 10.

В краткосрочной перспективе примерно 1.3% всех колебаний экономического роста в исследуемых странах объясняются 39% изменением уровня потребления ВЭ. В долгосрочной перспективе (10 лет) изменение уровня потребления ВЭ на 100% приведет к приросту ВВП примерно на 7%. Колебания цен на электроэнергию в пределах 0.2% повлекут за собой увеличение потребления ВЭ на 2% в краткосрочной перспективе, а 100% изменение уровня потребления ВЭ в отдаленном будущем изменит цены на электричество примерно на 5.6%.

Можно заключить, что экономический рост будет иметь как сиюминутные, так и долгосрочные последствия для потребления ВЭ в рассматриваемых странах. В анализируемом периоде цены на электроэнергию также в значительной степени определяли потребление ВЭ в этих государствах. Полученные результаты соответствуют изначальным предположениям и выводам предшествующих исследований [Apergis, Payne, 2014, 2010; Silva et al., 2012; Sadorsky, 2011].

В отсутствие целенаправленной государственной политики изменение уровня потребления ВЭ сказывается на экономическом росте включенных в выборку стран. Утверждение, что макроэкономические процессы реагируют на потребление ВЭ, подкреплено тестом на причинность Грейнджера по методу VAR (табл. 11).

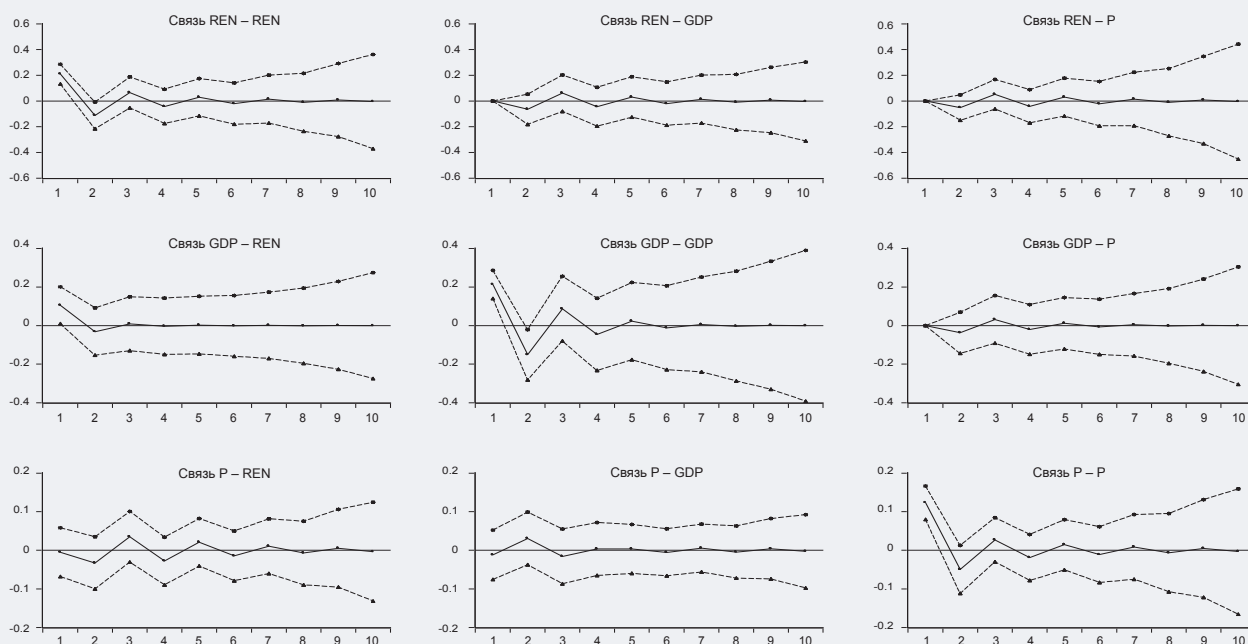
Рис. 2. Значения импульсной характеристики для Великобритании



Примечание: В период от 3 до 10 лет реакция потребления ВЭ на шоковые импульсы уровня доходов и цен на электроэнергию является нулевой или незначительной (в данном случае ноль включается в доверительный интервал). Из диаграммы 4 следует, что в период от 1 до 3 лет реакция уровня доходов на импульс потребления ВЭ носит отрицательный и незначительный характер (ноль не входит в доверительный интервал). Реакция уровня цен на импульс потребления ВЭ в период от 1 до 3 лет имеет положительную и значимую величину, после чего становится постоянной и незначительной.

Источник: расчеты автора.

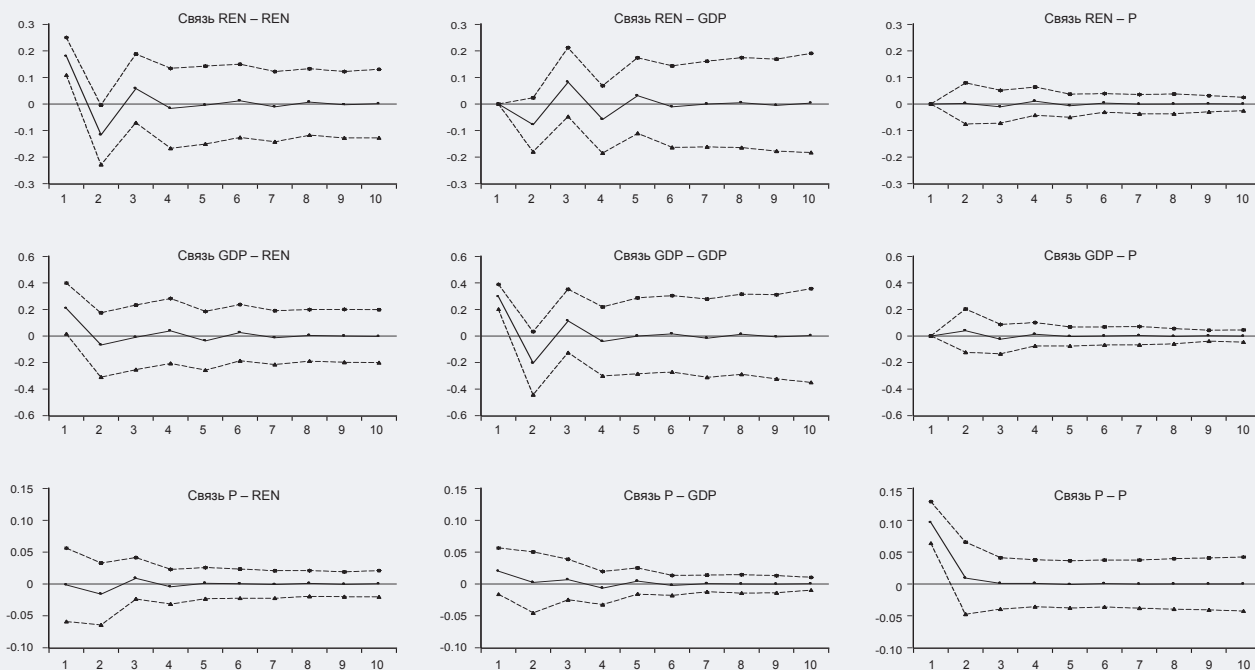
Рис. 3. Значения импульсной характеристики для Турции



Примечание: реакция потребления ВЭ на импульсы изменения уровня доходов и цен является положительной и статистически значимой в течение трех лет (ноль не входит в доверительный интервал). Реакция уровня доходов на импульс изменения потребления ВЭ характеризуется статистической значимостью в периоде 1–2 лет, после чего становится нулевой. Реакция уровня цен на этот же импульс оказывается положительной и статистически значимой в течение от 3 до 5 лет.

Источник: расчеты автора.

Рис. 4. Значения импульсной характеристики для Нигерии



Примечание: реакция уровня потребления ВЭ на импульс изменения уровня доходов носит положительный характер в период от 3 до 4 лет и значима на уровне 5% (ноль не включен в доверительный интервал). Реакция потребления ВЭ на импульс изменения цен является нулевой и статистически незначимой на уровне 5%, так как в этом случае ноль входит в доверительный интервал. Реакция величины доходов на импульс изменения потребления ВЭ статистически значима. Реакция ценовой конъюнктуры на импульс изменения потребления ВЭ остается отрицательной и статистически значимой в течение 3 лет, после чего становится нулевой.

Источник: расчеты автора.

Табл. 10. Декомпозиции дисперсии

Шаг	Изменение потребления ВЭ в ответ на импульс ВВП			Изменение ВВП в ответ на импульс потребления ВЭ		
	FEVD	Нижний предел*	Верхний предел*	FEVD	Нижний предел*	Верхний предел*
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0.359297	0.013927	0.704667
2	0.013606	-0.039131	0.066342	0.454295	0.081983	0.826606
3	0.05345	-0.094369	0.20127	0.453227	0.081536	0.824917
4	0.066252	-0.111242	0.243745	0.475294	0.099743	0.850845
5	0.062214	-0.106638	0.231066	0.491207	0.089595	0.892818
6	0.06205	-0.111837	0.235937	0.489189	0.081451	0.896927
7	0.067427	-0.123816	0.258671	0.486876	0.081447	0.892306
8	0.070319	-0.126972	0.267609	0.490213	0.077361	0.903064
9	0.069973	-0.126466	0.266411	0.491456	0.073618	0.909293
10	0.070507	-0.128206	0.26922	0.491059	0.07384	0.908278
Шаг	Изменение потребления ВЭ в ответ на импульс цен			Изменение цен в ответ на импульс потребления ВЭ		
	FEVD	Нижний предел*	Верхний предел*	FEVD	Нижний предел*	Верхний предел*
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0.000086	-0.008263	0.008436
2	0.002753	-0.02596	0.031465	0.193485	-0.090817	0.477787
3	0.035547	-0.109357	0.180451	0.190556	-0.076611	0.457722
4	0.048243	-0.13047	0.226955	0.213567	-0.075414	0.502547
5	0.045567	-0.119104	0.210239	0.21828	-0.080995	0.517554
6	0.05008	-0.125819	0.225979	0.216683	-0.082071	0.515436
7	0.054289	-0.13638	0.244959	0.216089	-0.081811	0.513988
8	0.054823	-0.137006	0.246652	0.217155	-0.085225	0.519534
9	0.054766	-0.136561	0.246093	0.218058	-0.086876	0.522992
10	0.056024	-0.13899	0.251038	0.218054	-0.087023	0.523131

Примечание: * — 95% нижний и верхний пределы
Источник: расчеты автора.

Увеличение потребления ВЭ стимулировало экономический прогресс в сравниваемых государствах. Во всех случаях установлена двусторонняя причинно-следственная связь Грейнджера между потреблением ВЭ и уровнем доходов (см. табл. 11). Кроме того, потребление ВЭ положительно коррелирует с экономическим ростом. Эти результаты соответствуют выводам предшествующих исследований в отношении связи между использованием ВЭ и шоковыми изменениями уровня доходов [Apergis, Payne, 2010; 2014; Ohler, Fetters, 2014; Sadorsky, 2009b; Salim, Rafiq, 2012]. Хотя для Нигерии мы не выявили причинной связи Грейнджера между экономическим ростом и потреблением энергии (ни в одном направлении) [Akinlo, 2008], в ряде эмпирических исследований (например, [Payne, 2011; Menegaki, 2011; Menyah, Wolde-Rufael, 2010]) установлен односторонний характер такой зависимости.

Полученные результаты по Великобритании, Турции и Нигерии подтверждают, что экономический прогресс активизирует использование возобновляемых источников энергии. Поскольку указанные страны неодинаково реагируют на изменение потребления ВЭ, эффекты будут различаться.

Причинной связи, иллюстрирующей влияние потребления ВЭ на стоимость электроэнергии, не обнаружено. В то же время для Турции и Нигерии установ-

лено, что именно потребление ВЭ определяется ценами на электричество. Расчеты по Нигерии подтверждают результаты исследования [Ebohon, 1996], согласно которым ценовые колебания не влияют на экономическую активность и потребление энергии. В Великобритании выявлена двусторонняя причинная связь между использованием ВЭ и ценами на электроэнергию: предположительно уровень первого показателя более чувствителен к изменениям второго [Sadorsky, 2009a], поэтому потребление ВЭ активизируется при снижении стоимости электричества.

Прогноз потребления ВЭ

Прогноз спроса на энергию из возобновляемых источников на период 2013–2030 гг. состоит из двух сценариев, разработанных с помощью модели VAR. В первом сценарии предполагаются высокие темпы экономического роста, во втором — низкие. Оценки экономического развития основаны на данных Всемирного банка о ежегодном приросте мировой экономики. Оба сценария предполагают, что экономика изучаемых государств будет расти (этой точки зрения придерживаются многие исследователи и организации, в частности МЭА и Всемирный Банк). В качестве предикторов использованы показатели ВВП и цен на электроэнергию, так как они влияют на уровень потребления ВЭ.

Табл. 11. Тест Грейнджера на причинность

Выявление причинной связи Грейнджера с помощью теста Вальда			
Уравнение	Исключено	Chi2	Prob>Chi2
Великобритания			
Потребление ВЭ	ВВП	25.396	0.000
	Цена на электроэнергию	80.805	0.000
	Все	112.68	0.000
ВВП	Потребление ВЭ	109	0.000
	Цена на электроэнергию	113.39	0.000
	Все	180.89	0.000
Цена на электроэнергию	Потребление ВЭ	10.759	0.029
	ВВП	15.19	0.004
	Все	25.758	0.001
Турция			
Потребление ВЭ	ВВП	11.435	0.022
	Цена на электроэнергию	3.8749	0.423
	Все	12.801	0.119
ВВП	Потребление ВЭ	19.495	0.001
	Цена на электроэнергию	17.067	0.002
	Все	27.886	0.000
Цена на электроэнергию	Потребление ВЭ	93.067	0.000
	ВВП	34.292	0.000
	Все	109.51	0.000
Нигерия			
Потребление ВЭ	ВВП	47.803	0.000
	Цена на электроэнергию	14.694	0.005
	Все	49.931	0.000
ВВП	Потребление ВЭ	24.957	0.000
	Цена на электроэнергию	20.436	0.000
	Все	39.161	0.000
Цена на электроэнергию	Потребление ВЭ	3.5722	0.467
	ВВП	5.0131	0.286
	Все	12.546	0.128

Источник: расчеты автора.

В Великобритании отчетливо прослеживается тенденция к росту потребления ВЭ (рис. 5). По базовому прогнозу к 2030 г. этот показатель составит 6.87 млрд кВт/ч; при высоких темпах экономического развития — увеличится до 7.78, при низких — до 7.02 млрд кВт/ч.

В Турции в предстоящие годы потребление ВЭ будет расти медленно (рис. 6). По базовому прогнозу к 2030 г. оно достигнет 4.48 млрд кВт/ч; при высоких и низких темпах экономического роста — вырастет до 4.81 и 4.56 млрд кВт/ч, соответственно. В 2001 г. данный показатель ощутимо снизился (реакция на финансовый кризис в Турции 2000–2001 гг.), что, по-видимому, повлияло на прогнозный расчет.

На рис. 7 видны значительные колебания уровня потребления ВЭ в Нигерии, однако в дальнейшем предполагается его стабилизация. Прогноз представляет

Рис. 5. Прогноз потребления ВЭ для Великобритании

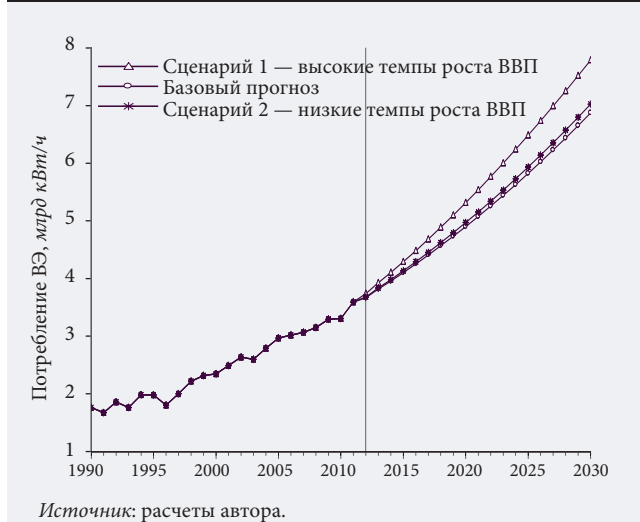


Рис. 6. Прогноз потребления ВЭ для Турции

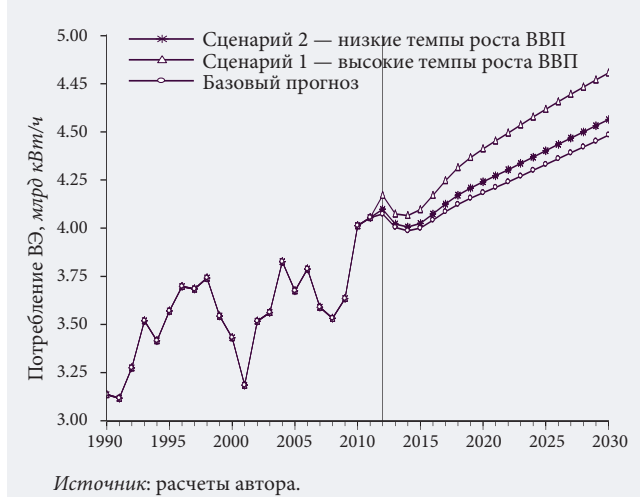


Рис. 7. Прогноз потребления ВЭ для Нигерии

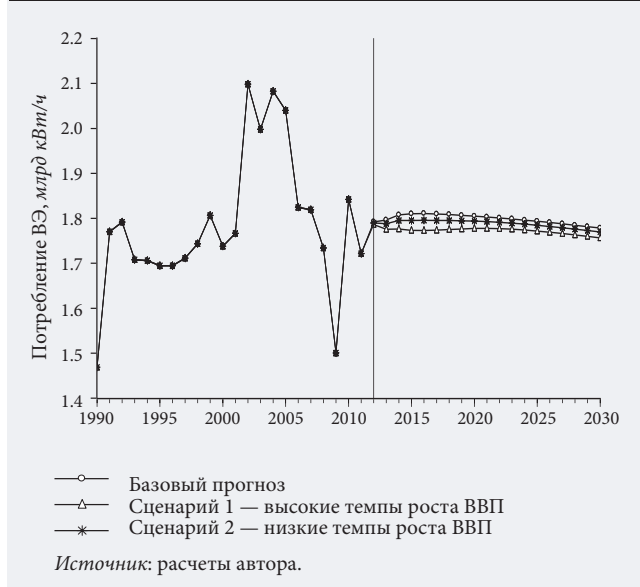


Табл. 12. Базовый прогноз потребления ВЭ

Годы	Великобритания	Турция	Нигерия
2015	4.10	4.00	1.80
2020	4.90	4.18	1.80
2025	5.82	4.32	1.79
2030	6.87	4.48	1.77

Источник: расчеты автора.

усредненные данные за прошлые годы и не учитывает недавний пик 2003–2005 гг. и падение 2009 г. В базовом прогнозе предполагается, что потребление ВЭ к 2030 г. составит 1.77 млрд кВт/ч; при высоких и низких темпах экономического прогресса ожидается на уровне соответственно 1.75 и 1.76 млрд кВт/ч.

В табл. 12 представлены данные потребления ВЭ по странам за 2015 г. и прогнозы на 2020, 2025 и 2030 гг., рассчитанные с помощью модели VAR. Ожидается существенный рост спроса на возобновляемые энергоресурсы в Великобритании и Турции, но не в Нигерии.

Выводы и эффекты для политики

Мы проанализировали динамику взаимосвязи потребления ВЭ, уровня доходов и цен на электроэнергию в Великобритании, Турции и Нигерии за 1990–2012 гг. с помощью методики, основанной на стандартной модели VAR. Установлен характер влияния растущей доли возобновляемых источников на уровень доходов населения и цены на электроэнергию. Исходя из этого составлен прогноз для трех рассматриваемых стран. Результаты IRF свидетельствуют, что рост уровня доходов активизирует потребление ВЭ. Следовательно, эффективная политика по стимулированию экономики активизирует потребление ВЭ, с которым положительно связаны показатели экономической динамики в проанализированных странах.

Наши выводы подтверждают важность повышения доли ВЭ в энергетическом балансе рассматриваемых стран, а потому заслуживают внимания с точки зрения

национальной политики. Очевидны признаки появления нового энергетического рынка, что в перспективе (если не кратко-, то средне- или долгосрочной) может радикально изменить традиционные рынки. Можно предположить, что постепенный рост доли ВЭ, появившийся в прошлом, при условии эффективной реализации политики станет индикатором будущих рыночных тенденций. Серьезное значение для разработки мер политики имеет существенное влияние уровня доходов на интенсивность потребления ВЭ. С помощью финансовых и фискальных инструментов можно повысить величину доходов и активизировать создание новой стоимости, в частности, за счет стимулирования инновационной деятельности и повышения производительности труда. Энергетическую и экономическую политику следует ориентировать на повышение инвестиций в ВЭ с прицелом на будущее экономическое развитие.

Установлен положительный эффект повышения доходов, влияющий на экономическую и политическую эволюцию стран. Подтверждается важность инициатив, стимулирующих рост потребления ВЭ за счет развития соответствующих рынков и принятия необходимых стандартов — не только по соображениям безопасности и экологии, но и с макроэкономической точки зрения (для обеспечения стабильного экономического роста). В долгосрочной перспективе уровень потребления ВЭ определяется величиной цен на электроэнергию. Поскольку инфраструктура возобновляемой энергетики требует масштабных затрат, электричество, произведенное из таких источников, стоит дороже, и лишь немногие страны готовы увеличивать расходы на энергопотребление.

К основным ограничениям нашего исследования относится период наблюдения (1990–2012 гг.), но, несмотря на это, использование выбранной модели вполне соответствует сложившейся практике [Silva et al., 2012; Soytaş, Sari, 2009]. Возникли определенные сложности с получением надежных данных по Нигерии, тем не менее, имея достоверные сведения по двум другим странам, в их отношении можно сделать обоснованные выводы. Указанные ограничения следует учитывать в дальнейших исследованиях.

Библиография

- Abbott A.J., De Vita G. (2003) Another Piece in the Feldstein — Horioka Puzzle // *Scottish Journal of Political Economy*. Vol. 50. № 1. P. 68–89.
- Akaike H. (1974) A new look at the statistical model identification // *IEEE Transactions on Automatic Control*. Vol. 19. № 6. P. 716–723. DOI:10.1109/TAC.1974.1100705.
- Akinlo A.E. (2008) Energy consumption and economic growth: Evidence from 11 Sub-Sahara African countries // *Energy Economics*. Vol. 30. № 5. P. 2391–2400.
- Akinlo A.E. (2009) Electricity consumption and economic growth in Nigeria: Evidence from cointegration and co-feature analysis // *Journal of Policy Modelling*. Vol. 31. № 5. P. 681–693.
- Apergis N., Payne J.E. (2010) Renewable energy consumption and economic growth: Evidence from a panel of OECD countries // *Energy Policy*. Vol. 38. P. 656–660.
- Apergis N., Payne J.E. (2014) Renewable energy, output, CO₂ emissions, and fossil fuel prices in Central America: Evidence from a nonlinear panel smooth transition vector error correction model // *Energy Economics*. Vol. 42. P. 226–232.
- Aqeel A., Butt M.S. (2001) The relationship between energy consumption and economic growth in Pakistan // *Asia-Pacific Development Journal*. Vol. 8. № 2. P. 101–110.
- Aziz M.I.A., Dahalan J. (2015) Oil Price Shocks and Macroeconomic Activities in Asean-5 Countries: A Panel VAR Approach // *Eurasian Journal of Business and Economics*. Vol. 8. № 16. P. 101–120.

- Belke A., Dobnik F., Dreger C. (2011) Energy consumption and economic growth: New insights into the cointegration relationship // *Energy Economics*. Vol. 33. № 5. P. 782–789.
- Bowden N., Payne J.E. (2010) Sectoral analysis of the causal relationship between renewable and non-renewable energy consumption and real output in the US // *Energy Sources. Part B: Economics, Planning, and Policy*. Vol. 5. № 4. P. 400–408.
- Bretschenger L. (2010) *Energy Prices, Growth, and the Channels in Between: Theory and Evidence*. Economics Working Paper Series. Zurich: ETH Zurich.
- Brooks C. (2008) *Introductory econometrics for finance* (2nd ed.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Bruns S.B., Gross C. (2013) What if energy time series are not independent? Implications for energy-GDP causality analysis // *Energy Economics*. Vol. 40. P. 753–759.
- Chiou-Wei S.Z., Chen C.F., Zhu Z. (2008) Economic growth and energy consumption: Evidence from linear and nonlinear granger causality // *Energy Economics*. Vol. 30. № 6. P. 3063–3076.
- Dickey D.A., Fuller W.A. (1981) Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root // *Econometrica*. Vol. 49. № 4. P. 1057–1072.
- Ebohon O.J. (1996) Energy, economic growth, and causality in developing countries // *Energy Policy*. Vol. 24. № 5. P. 447–453.
- Edenhofer O., Hirth L., Knopf B., Pahle M., Schlömer S., Schmid E., Ueckerdt F. (2013) On the economics of renewable energy sources // *Energy Economics*. Vol. 40. № S1. P. S12–S23.
- Enders W. (1995) *Applied econometric time series* (2nd ed.). London: John Wiley&Sons Inc.
- Ewing B.T., Sari R., Soytas U. (2007) Disaggregate energy consumption and industrial output in the United States // *Energy Policy*. Vol. 35. № 2. P. 1274–1281.
- Giles D. (2011) VAR or VECM When Testing for Granger Causality? Режим доступа: <http://davegiles.blogspot.com.tr/2011/10/var-or-vecm-when-testing-for-granger.html>, дата обращения 25.05.2015.
- Granger C.W.J. (1980) Testing for causality: A personal viewpoint // *Journal of Economic Dynamics and Control*. Vol. 2. P. 329–352. DOI:10.1016/0165-1889(80)90069-X.
- Gross C. (2012) Explaining the (non-) causality between energy and economic growth in the U.S. — A multivariate sectoral analysis // *Energy Economics*. Vol. 34. № 2. P. 489–499.
- Halicioglu F. (2009) An econometric study of CO₂-emissions, energy consumption, income and foreign trade in Turkey // *Energy Policy*. Vol. 37. № 3. P. 1156–1164.
- Hannan E.J., Quinn B.G. (1979) The Determination of the order of an autoregression // *Journal of the Royal Statistical Society, Series B*. Vol. 41. P. 190–195.
- Hocaoglu F.O., Karanfil F. (2013) A time series-based approach for renewable energy modelling // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 28. P. 204–214.
- Huang B.N., Hwang M.J., Yang C.W. (2008) Causal relationship between energy consumption and GDP growth revisited: A dynamic panel data approach // *Ecological Economics*. Vol. 67. № 1. P. 41–54.
- Humphrey W.S., Stanislaw J. (1979) Economic growth and energy consumption in the UK, 1700–1975 // *Energy Policy*. Vol. 7. № 1. P. 29–42.
- Ighodaro C.A. (2010) Co-integration and causality relationship between energy consumption and economic growth: Further empirical evidence for Nigeria // *Journal of Business Economics and Management*. Vol. 11. № 1. P. 97–111.
- Inglesi-Lotz R. (2013) *The Impact of Renewable Energy Consumption to Economic Welfare: A Panel Data Application*. Department of Economics Working Paper Series 15, March. Pretoria: University of Pretoria.
- IRENA (2018a) *Renewable energy auctions: Cases from Sub-Saharan Africa*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.
- IRENA (2018b) *Renewable capacity statistics 2018*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.
- Johnstone N., Hašič I., Popp D. (2010) Renewable energy policies and technological innovation: Evidence based on patent counts // *Environmental and Resource Economics*. Vol. 45. № 1. P. 133–155.
- Kaygusuz K., Yuksek O., Sari A. (2007) Renewable energy sources in the European Union: Markets and capacity // *Energy Sources. Part B: Economics, Planning, and Policy*. Vol. 2. № 1. P. 19–29.
- Kireyev A. (2000) *Comparative Macroeconomic Dynamics in the Arab World: A Panel VAR Approach*. IMF Working Paper, Middle Eastern Department, WP/00/54. Washington, D.C.: International Monetary Fund.
- Lee C.C., Chien M.S. (2010) Dynamic modelling of energy consumption, capital stock, and real income in G7 countries // *Energy Economics*. Vol. 32. № 3. P. 564–581.
- Lee C.C., Chiu Y.B. (2011) Nuclear energy consumption, oil prices, and economic growth: Evidence from highly industrialized countries // *Energy Economics*. Vol. 33. № 2. P. 236–248.
- Marques C.A., Fuinhas J.A. (2011) Do energy efficiency measures promote the use of renewable sources? // *Environmental Science & Policy*. Vol. 15. № 3. P. 471–481.
- Melikoglu M. (2013) Vision 2023: Feasibility analysis of Turkey's renewable energy projection // *Renewable Energy*. Vol. 50. Issue C. P. 570–575.
- Menegaki A.N. (2011) Growth and renewable energy in Europe: A random effect model with evidence for neutrality hypothesis // *Energy Economics*. Vol. 33. № 2. P. 257–263.
- Menyah K., Wolde-Rufael Y. (2010) CO₂ emissions, nuclear energy, renewable energy and economic growth in the US // *Energy Policy*. Vol. 38. № 6. P. 2911–2915.
- Mohammadi H., Parvaresh S. (2014) Energy consumption and output: Evidence from a panel of 14 oil-exporting countries // *Energy Economics*. Vol. 41. P. 41–46.
- Narayan P.K., Prasad A. (2008) Electricity consumption-real GDP causality nexus: Evidence from a bootstrapped causality test for 30 OECD countries // *Energy Policy*. Vol. 36. № 2. P. 910–918.
- Ng S., Perron P. (2001) Lag length selection and the construction of unit root tests with good size and power // *Econometrica*. Vol. 69. № 6. P. 1519–1554.
- Ocal O., Aslan A. (2013) Renewable energy consumption-economic growth nexus in Turkey // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 28. P. 494–499.
- Odhiambo N.M. (2010) Energy consumption, prices, and economic growth in three SSA countries: A comparative study // *Energy Policy*. Vol. 38. № 5. P. 2463–2469.

- Ohler A., Fetters I. (2014) The causal relationship between renewable electricity generation and GDP growth: A study of energy sources // *Energy Economics*. Vol. 43. Issue C. P. 125–139.
- Ozturk I., Acaravci A. (2013) The long run and causal analysis of energy, growth, openness and financial development on carbon emissions in Turkey // *Energy Economics*. Vol. 36. Issue C. P. 262–267.
- Pao H.T., Fu H.C. (2013) Renewable energy, non-renewable energy, and economic growth in Brazil // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 25. P. 381–392.
- Payne J.E., Taylor J.P. (2010) Nuclear energy consumption and economic growth in the US: An empirical note // *Energy Sources. Part B: Economics, Planning, and Policy*. Vol. 5. № 3. P. 301–307.
- Payne J.E. (2010) Survey of the international evidence on the causal relationship between energy consumption and growth // *Journal of Economic Studies*. Vol. 37. № 1. P. 53–95.
- Payne J.E. (2011) On biomass energy consumption and real output in the US // *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*. Vol. 6. № 1. P. 47–52.
- Perron P. (1988) Trends and random walks in macroeconomic time series: Further evidence from a new approach // *Journal of Economic Dynamics and Control*. Vol. 12. № 2. P. 297–332.
- Phillips P.C., Perron P. (1988) Testing for a unit root in time series regression // *Biometrika*. Vol. 75. № 2. P. 335–346.
- Phillips P.C.B. (1998) Impulse response and forecast error variance asymptotic in nonstationary VARs // *Journal of Econometrics*. Vol. 83. P. 21–56.
- REN21 (2018) *Renewables 2018 Global Status Report*. Paris: REN21 Secretariat. ISBN 978-3-9818911-3-3.
- Sadorsky P. (2009a) Renewable energy consumption, CO₂ emissions, and oil prices in the G7 countries // *Energy Economics*. Vol. 31. № 3. P. 456–462.
- Sadorsky P. (2009b) Renewable energy consumption and income in emerging economies // *Energy Policy*. Vol. 37. № 10. P. 4021–4028.
- Sadorsky P. (2011) Modelling renewable energy consumption for a greener global economy // *Planet Earth 2011 — Global Warming Challenges and Opportunities for Policy and Practice* / Ed. E. Carayannis. Rijeka, Shanghai: InTech. P. 507–524.
- Salim R.A., Rafiq S. (2012) Why do some emerging economies proactively accelerate the adoption of renewable energy? // *Energy Economics*. Vol. 34. № 4. P. 1051–1057.
- Schwarz G.E. (1978) Estimating the dimension of a model // *Annals of Statistics*. Vol. 6. № 2. P. 461–464. DOI:10.1214/aos/1176344136, MR 0468014.
- Silva S., Soares I., Pinho C. (2012) The impact of renewable energy sources on economic growth and CO₂ emissions — a SVAR approach // *European Research Studies*. Vol. 15 (Special Issue on Energy). P. 132–144.
- Soytas U., Sari R. (2009) Energy consumption, economic growth, and carbon emissions: Challenges faced by an EU candidate member // *Ecological Economics*. Vol. 68. № 6. P. 1667–1675.
- Taylor J.W. (2010) Triple seasonal methods for short-term electricity demand forecasting // *European Journal of Operational Research*. Vol. 204. P. 139–152.
- Tiwari A.K. (2011) A structural VAR analysis of renewable energy consumption, real GDP and CO₂ emissions: Evidence from India // *Economics Bulletin*. Vol. 31. № 2. P. 1793–1806.
- Tugcu C.T., Ozturk I., Aslan A. (2012) Renewable and non-renewable energy consumption and economic growth relationship revisited: Evidence from G7 countries // *Energy Economics*. Vol. 34. № 6. P. 1942–1950.
- Vaona A. (2012) Granger non-causality tests between (non) renewable energy consumption and output in Italy since 1861: The (ir)relevance of structural breaks // *Energy Policy*. Vol. 45. P. 226–236.
- Ward D.J., Inderwildi O.R. (2013) Global and local impacts of UK renewable energy policy // *Energy Environment Science*. Vol. 6. P. 18–24.
- World Bank (2013) *World Development Indicators 2013*. Режим доступа: <http://data.worldbank.org/>, дата обращения 10.10.2014.
- Yildirim E., Sarac S., Aslan A. (2012) Energy consumption and economic growth in the USA: Evidence from renewable energy // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 16. № 9. P. 6770–6774.
- Yusuf S.A. (2014) *Impact of energy consumption and environmental degradation on economic growth in Nigeria*. MPRA Paper 55529. Munchen: University of Munchen.