

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО И ФИНАНСОВОГО РАЗВИТИЯ НА ПОТРЕБЛЕНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

**Соловьева Полина Игоревна ,
Улиткина Анастасия Владимировна**
*Студенты бакалавриата
МГУ имени М.В. Ломоносова,
Экономический факультет
(г. Москва, Россия)*

Аннотация

В настоящее время возобновляемая энергетика является одним из ключевых трендов развития энергетических рынков. Целью данной работы является анализ влияния экономического и финансового развития страны на количество потребляемой возобновляемой электроэнергии. Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что существует определенный набор экономических и финансовых показателей, который оказывает влияние на потребление возобновляемой электроэнергии, однако степень и направление связи зависит от группы рассматриваемых стран. В странах БРИКС существует положительная зависимость экономического и финансового развития и потребления возобновляемой электроэнергии. Наибольшее влияние на значение данного показателя оказывает банковский индикатор доли ликвидных обязательств (денежных средств) в ВВП, отражающий развитость финансового сектора страны.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии; возобновляемая энергетика; электроэнергетика; БРИКС.

JEL коды: C220, C230, Q430, L940.

Введение

Бурное развитие возобновляемых источников энергии (ВИЭ) является одной из ключевых составляющих, характеризующих современную динамику как мирового энергетического сектора в целом, так и отрасли возобновляемой энергетики в частности. В 2017 г. на долю ВИЭ приходилось 70% прироста мировых генерирующих мощностей. Сегодня ВИЭ составляют

около 15% общего мировой энергетики, а к 2050 г. ожидается увеличение данного показателя до 60% (в первую очередь за счет солнечной и ветровой энергетики)¹. Причиной данной трансформации энергетического сектора служит развитие технологий в возобновляемой энергетике до уровня, позволяющего им быть конкурентоспособными по сравнению с традиционными источниками энергии.

На сегодняшний день политика поддержки ВИЭ реализуется в 173 странах мира. Около 75% инвестиций в возобновляемую энергетику принадлежит Китаю, США и ЕС. Несмотря на то, что долгосрочная экономическая политика данных государств предполагает дальнейшее увеличение инвестиций в ВИЭ, в мире существуют также примеры значительных финансовых вложений в возобновляемую энергетику странами развивающегося мира. Доля инвестиций в ВИЭ в ВВП в странах третьего мира, например, в Маршалловых островах, Руанде, Соломоновых островах, Гвинея-Бисау и др. значительно превышает значение данного показателя в развитых странах. В связи с этим возникает вопрос, каким образом экономическое и финансовое развитие страны влияет на потребление энергии из возобновляемых источников.

В нашей статье мы хотим оценить влияние экономического и финансового развития стран мира на количество потребляемой в этих странах электроэнергии из возобновляемых источников.

Обзор литературы

На данный момент в научной литературе насчитывается целый ряд статей, в которых объясняется причинно-следственная связь между количеством потребляемой электроэнергии/возобновляемой электроэнергии и экономическим развитием, а также присутствуют попытки оценить данный эффект в ряде стран. Возросло количество исследований, в которых присутствует анализ с помощью различных экономических индикаторов и инструментов в временном разрезе с попыткой выделить эту взаимосвязь.

Большинство таких исследований базируется на данных одной конкретной страны. Например, в статье (Ху, 2012) исследуется взаимосвязь между финансовым развитием Китая и потреблением электроэнергии в 1999-2009 гг. Результаты указывают на наличие положительной взаимосвязи между финансовым развитием страны и потребляемой электроэнергией. Для оценки финансового развития в работе используется отношение кредитов к ВВП страны и отношение прямых иностранных инвестиций к ВВП.

Поиском факторов, влияющих на потребление энергии в целом, занимались (Sarcodie, et al., 2018). Исследователи выяснили, что особую значимость на потребление энергии оказывают цены, плотность населения, уровень урбанизации и наличие ВИЭ. Согласно результатам работы, уменьшение потребления энергии происходит с ростом уровня доходов населения. Увеличение численности населения приводит к снижению потребления всех видов энергии, кроме электроэнергии, что объясняется наличием субститутков между различными источниками.

¹ http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2018/06/GSR_2018_Highlights_final.pdf

Одной из статей, которая натолкнула нас на проведение нашего анализа, является статья: (Coban, et al., 2013). Авторы также исследовали взаимосвязь между уровнем финансового развития ряда европейских стран и количеством потребляемой ими энергии в 1990-2011 гг., однако уровень финансового развития они поделили на две составляющие: банковские индексы и биржевые индексы. Данное деление позволило сделать вывод о том, что степень влияния финансового развития на количество потребляемой энергии зависит от того, каким образом финансовое развитие измерять, однако несмотря на это, влияние есть и оно положительное.

Необходимо упомянуть исследование (Sadorsky, 2011), в котором объясняются каналы, по которым финансовое развитие может оказывать влияние на количество потребляемой энергии. Выделяют три основных канала: «прямой эффект», «бизнес эффект» и «эффект богатства». Первый подразумевает то, что более высокий уровень финансового развития способствует большей доступности и снижению цен на более энергозатратные товары. Второй эффект отражает возможности для расширения бизнеса при развитии финансового сектора, что подразумевает повышение уровня затрачиваемой энергии в производстве. Третий канал отражает увеличение доверия потребителей и производителей с ростом активности на фондовом рынке, что способствует увеличению экономической активности и повышению спроса на электроэнергию. Таким образом, вопрос о влиянии развития финансового сектора на количество потребляемой энергии становится обоснованным.

Существуют также более конкретные исследования ВИЭ, опирающиеся на анализ групп стран и панельные данные. Например, новейшая статья (Balcihar, et al., 2018) посвящена поиску взаимосвязи между возобновляемыми источниками энергии и экономическим ростом в странах G-7. Применение модели временных рядов в исследовании позволяет авторам сделать вывод о значительных временных колебаниях влияния экономического роста на ВИЭ, однако найденная зависимость остается положительной на протяжении всего рассматриваемого периода.

Несмотря на то, что результаты, полученные в научных работах, свидетельствуют о существовании некоторого уровня согласия между учеными о наличии причинно-следственной связи между экономическим развитием и количеством потребляемой электроэнергии, в литературе еще не сформировалась общей позиции по данному вопросу. Проведение дальнейших исследований в данном направлении является необходимым.

Эконометрический подход и используемые данные

На основании выводов, полученных в обзорной части нашей работы, для оценки влияния экономического роста и финансового развития стран на количество потребляемой ими возобновляемой энергии мы будем использовать панельные данные.

Мы используем ежегодные данные за период 1993-2015 гг. по 214 странам. Во всех спецификациях модели число наблюдений близко к двум тысячам. Из выборки исключались страны, для которых отсутствовали данные о количестве потребляемой возобновляемой энергии в некоторые годы, а также страны, для которых не удавалось найти показатели финансового развития за какой-либо период. Таким образом, конечная выборка составила 123 страны.

Мы оцениваем следующую спецификацию уравнения:

$$\ln(\text{renewenergy}_{it}) = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{renewenergy}_{it-1}) + \beta_2 \ln(\text{electr}_{it}) + \beta_3 \ln(\text{realGDP}_{it}) + \beta_4 \ln(p_{it}) + \beta_5 \ln(\text{imp}_{it}) + \beta_6 \ln(\text{fdi}_{it}) + \lambda_t + \gamma T_t + \alpha_i + \varepsilon_{it},$$

где renewenergy_{it} – количество потребляемой возобновляемой энергии, $\text{renewenergy}_{it-1}$ – первый лаг этого показателя, electr_{it} – количество потребляемой энергии, realGDP_{it} – реальный ВВП, p_{it} – цены на энергию, imp_{it} – доля импорта энергии, fdi_{it} – доля прямых иностранных инвестиций в ВВП, λ_t – вектор финансовых показателей, T_t – фиктивные переменные для периодов времени, α_i – постоянные во времени страновые эффекты, ε_{it} – шоки.

Данные по количеству потребляемой возобновляемой энергии представлены долей энергии из возобновляемых источников в общем количестве потребленной энергии. В исходных данных в качестве типов ВИЭ учитывались: биоэнергетика, гидроэнергетика, геотермальная, солнечная энергетика, ветроэнергетика. ВВП был взят как реальный на душу населения в долларах США 2011г. Данные о ценах на энергию получаются путем деления цен на нефть марки Brent на индекс потребительских цен для каждой страны. Импорт энергии получен как доля импорта энергии в общем объеме используемой энергии. В качестве контрольной переменной мы также используем долю иностранных инвестиций в ВВП.

Поскольку нас, вслед за нашими предшественниками – авторами (Coban, et al., 2013), интересует зависимость между количеством потребляемой возобновляемой энергией и финансовым развитием стран, мы включаем в модель различные индикаторы их банковского сектора. Сюда входят такие переменные, как доля депозитных денежных средств в ВВП, доля депозитов финансовой системы в ВВП, доля ликвидных обязательств в ВВП, доля частных кредитов в ВВП, накладные расходы банка, чистая процентная маржа, коэффициент концентрации, доходность активов, доходность собственного капитала, соотношение затрат и прибыли и показатель Z-score.

Информационной базой нашего исследования выступают данные Всемирного банка и проекта «Bankscope and Orbis Bank Focus databases».

Оцениваемое уравнение является версией авторегрессионной модели с первым лагом зависимой переменной, позволяющей учесть эффект прошлогоднего потребления энергии на текущий уровень. Мы добавляем в модель фиктивные переменные для времени, чтобы учесть общие шоки экономической конъюнктуры, влияющие на все страны одновременно.

При оценивании данной модели методом первых разностей (first differences) или при помощи внутригруппового преобразования (within estimator) получаются смещенные и несостоятельные оценки коэффициентов в связи с возникающей корреляцией первой разности лага зависимой переменной с разностью идиосинкратических шоков. Аналогично МНК оценка будет несостоятельна.

В этой работе для оценки уравнения мы применяем обобщенный метод моментов (GMM), применение которого в контексте динамической модели на панельных данных изучено в статьях (Arellano, et al., 1995), (Arellano, et al., 1998). Для всех переменных мы брали значения их логарифмов, кроме переменной доли прямых иностранных инвестиций, доли импорта в ВВП, показателей ROA и ROE, Z-score, по причине наличия отрицательных значений данных переменных. Фиктивные переменные времени также взяты без логарифмов.

Результаты моделирования для всех стран

Таблица 1.

Результаты оценивания модели экономического и финансового развития на потребление возобновляемой электроэнергетики, метод Ареллано-Бовера

Регрессоры (зависимая переменная – потребление возобновляемой электроэнергии)	Коэффициент	Ст. ошибка	
Логарифм потребления возобновляемой электроэнергии с лагом в 1 год	0.787	0.011	***
Логарифм потребления электроэнергии	0.207	0.012	***
Логарифм реального ВВП на душу населения	-0.079	0.017	***
Логарифм цен на энергоресурсы	0.067	0.023	***
Логарифм доли ликвидных обязательств в ВВП (денежных средств)	-0.194	0.030	***
Логарифм доли депозитных денежных средств в ВВП	-0.059	0.027	**
Логарифм доли частных кредитов в ВВП	0.218	0.032	***
Логарифм доли депозитов финансовой системы в ВВП	0.002	0.017	
Логарифм доли накладных расходов банка	0.023	0.022	
Логарифм чистой процентной маржи банка	-0.021	0.022	
Логарифм коэффициента концентрации ²	-0.067	0.030	**
Логарифм соотношения затрат и прибыли	0.110	0.037	***
Доля прямых иностранных инвестиций в ВВП	-4.27e-05	0.0001	
Доля импорта энергии в общем объеме используемой энергии	-0.0001	0.0001	
ROA	-0.003	0.010	

² Отношение активов трех крупнейших банков к активам всех коммерческих банков

Регрессоры (зависимая переменная – потребление возобновляемой электроэнергии)	Коэффициент	Ст. ошибка	
ROE	0.002	0.001	**
Z-score	-0.005	0.001	***
Константа	0.553	0.290	*

Примечание. Приведены робастные стандартные ошибки. Символы “*”, “**”, “***” указывают на значимость на 10-, 5-, и 1%-ном уровнях соответственно.

Данная модель предполагает наличие большого числа инструментальных переменных. Экзогенность инструментов можно проверить с помощью теста Саргана. Нулевая гипотеза данного теста подразумевает, что все инструменты экзогенны. В представленной спецификации модели р-значение теста Саргана велико, что позволяет принять нулевую гипотезу и сделать вывод о том, что все инструменты экзогенны.

Для того, чтобы используемые инструменты были экзогенны, нужно, чтобы в случайных ошибках не было автокорреляции. Если в самих случайных ошибках нет автокорреляции, то их разности должны характеризоваться автокорреляцией первого порядка, но не второго. Поэтому для оцененной модели мы тестируем отсутствие автокорреляции. В представленной модели наблюдается автокорреляция первого порядка, но отсутствует автокорреляция второго порядка.

Таким образом, мы наблюдаем, что влияние прошлогоднего потребления возобновляемой энергии на потребление текущего года значимо на 1%-ом уровне значимости и принимает достаточно большое значение – 0,79.

Результаты модели свидетельствуют и том, что уровень развития страны отрицательно влияет на потребление возобновляемой электроэнергии, причем данный результат значим на 1%-ом уровне значимости, однако количественная оценка влияния уровня экономического развития на потребление возобновляемой электроэнергии невелика. Результаты модели системного ОММ говорят о том, что при увеличении реального ВВП на 1% потребление ВИЭ снизится на 0,08%.

Цены на энергоресурсы также незначительно влияют на потребление ВИЭ, при этом прямые иностранные инвестиции в экономику страны не оказывают значимого влияния.

Интересным является тот факт, что в отличие от уровня экономического развития страны, уровень ее финансового развития существенно влияет на потребление ВИЭ. Большинство показателей, отражающих развитие банковского сектора в нашей модели, оказывают значимое влияние на уровень потребления возобновляемой электроэнергии. Так, например, доля ликвидных обязательств в ВВП, доля депозитных денежных средств в ВВП, доля частных кредитов в ВВП, показатель концентрации, отношение затрат и прибыли и показатель Z-score для банковского сектора оказывают значимое влияние на потребление ВИЭ.

Результаты моделирования для стран БРИКС

Полученное отрицательное влияние экономического и финансового развития страны на потребление в ней возобновляемой электроэнергии может быть причиной значительной экономической и географической дифференциацией стран в нашей выборке. Для решения данной проблемы мы решили уменьшить количество рассматриваемых объектов и провести анализ для стран БРИКС.

На сегодняшний день БРИКС представляет собой ассоциацию пяти крупных быстро развивающихся национальных экономик: Бразилии, России, Индии, Китая и ЮАР. Характерной чертой членов БРИКС является их значительное региональное, а в некоторых случаях и мировое экономическое влияние. В области возобновляемой энергетики дать однозначную оценку положению стран-участников союза на мировой арене достаточно сложно, поскольку показатели использования ВИЭ в них существенно разнятся. Китай, например, является мировым лидером по общей установленной мощности ВИЭ (в первую очередь в области малой гидро-, ветровой и солнечной энергетики). К 2020 г. китайские инвестиции в возобновляемые источники энергии составят около 360 млрд долл. Бразилия стала одной из первых стран Латинской Америки, которая смогла успешно реализовать проекты по преобразованию энергии морских волн. Сегодня доля ВИЭ в общем потреблении электроэнергии в Бразилии составляет 90%. ЮАР занимает 7-ое место в мире по добыче угля, который обеспечивает большую часть потребности в электроэнергии. Тем не менее, в республике путем использования солнечных установок активно проводится политика перехода к возобновляемой энергетике. Характерной чертой индийской экономики является ее нефтяная зависимость, решить которую власти страны пытаются путем реализации программ, в том числе аукционов, по увеличению производительности ВИЭ. Потенциал России в области ВИЭ также реализован достаточно слабо. Несмотря на экономическую обоснованность введения новых высокотехнологичных видов генерации энергии, возобновляемая энергетика в нашей стране составляет лишь 0,5% от общего объема электрогенерации.

Таким образом, в большинстве своем страны БРИКС не обладают достаточными установленными мощностями ВИЭ, однако все страны-участники являются важными игроками на мировой экономической арене, а также проводят политику перехода от традиционных энерго-ресурсов к альтернативным возобновляемым источникам. В связи с этим интересно рассмотреть данную выборку стран в рамках нашего исследования.

Для стран БРИКС за период 1993-2015гг. была построена модель, аналогичная предыдущему пункту нашей работы. Мы использовали обобщенный метод моментов (GMM), а именно метод Ареллано-Бовера, применение которого целесообразно в данном контексте. Мы получили следующие результаты:

Таблица 2.

Результаты оценивания модели экономического и финансового развития на потребление возобновляемой электроэнергетики для стран БРИКС, метод Ареллано-Бовера

Регрессоры (зависимая переменная – потребление возобновляемой электроэнергии)	Коэффициент	Ст. ошибка	
Логарифм потребления возобновляемой электроэнергии с лагом в 1 год	0.658	0.058	***
Логарифм потребления электроэнергии	-0.560	0.159	***
Логарифм реального ВВП на душу населения	0.605	0.116	***
Логарифм цен на энергоресурсы	-0.427	0.226	*
Логарифм доли ликвидных обязательств в ВВП (денежных средств)	2.128	0.432	***
Логарифм доли депозитных денежных средств в ВВП	-0.196	0.460	
Логарифм коэффициента концентрации	-0.375	0.121	***
Z-score	-0.008	0.003	***
Доля прямых иностранных инвестиций в ВВП	-0.013	0.016	
Доля импорта энергии в общем объеме используемой энергии	0.016	0.005	***
Логарифм доли частных кредитов в ВВП	-0.836	0.268	***
Логарифм доли депозитов финансовой системы в ВВП	-1.302	0.318	***
Логарифм доли накладных расходов банка	-0.627	0.305	**
Логарифм чистой процентной маржи банка	0.701	0.293	**
Логарифм соотношения затрат и прибыли	0.337	0.340	
ROA	-0.290	0.076	***
ROE	0.011	0.006	*
Константа	-0.685	1.648	

Примечание. Приведены робастные стандартные ошибки. Символы “*”, “**”, “***” указывают на значимость на 10-, 5-, и 1%-ном уровнях соответственно.

Был проведен тест на избыточность переменных, отражающих финансовое развитие и банковский сектор. Р-значение соответствующего теста оказалось мало, поэтому гипотеза о нулевых параметрах регрессии отвергается. Таким образом, включение всех переменных в модель является целесообразным.

Результаты данной динамической модели говорят о том, что при увеличении реального ВВП на 1%, потребление ВИЭ увеличивается на 0,58%, причем данный результат является

значимым на 1% уровне значимости. Величина прошлогоднего уровня потребления ВИЭ также значимо влияет на уровень потребления текущего года. Как и ранее, мы получили, что уровень потребления ВИЭ зависит от большинства финансовых показателей. Самое большое значимое влияние оказывает банковский показатель доли ликвидных обязательств (денежных средств) в ВВП. При увеличении данного показателя на 1%, потребление ВИЭ увеличивается на 2,13%. При этом доля депозитов финансовой системы в ВВП, доля частных кредитов в ВВП значимо на 1% уровне значимости, но отрицательно влияют на потребление ВИЭ.

Заключение

Настоящее исследование посвящено оценке влияния экономического и финансового развития страны на потребление возобновляемой энергии. Информационной его базой выступили статистические данные Всемирного банка и проекта «Bankscore and Orbis Bank Focus databases». Существующий круг работ по данной тематике дополнен за счет анализа отрасли возобновляемых источников электроэнергии стран БРИКС.

Исследование было выполнено при помощи модельного анализа панельных данных (обобщенного метода моментов). На основании проведенного анализа можно сделать вывод о том, что в зависимости от исследуемой выборки стран, разные экономические и финансовые показатели оказывают различное влияние на потребление возобновляемой электроэнергии. Проведенное исследование позволило доказать гипотезу существования положительной зависимости между уровнем развития экономического и финансового сектора стран БРИКС и потреблением ВИЭ-технологий. Наибольшее влияние на уровень возобновляемой электроэнергии в данных странах оказывает банковский показатель доли ликвидных обязательств (денежных средств) в ВВП, отражающий развитость финансового сектора государства. В качестве дальнейшего исследования данной темы возможным является включение в анализ географических, климатических и природных индикаторов.

Благодарности

Авторы выражают благодарность преподавателю Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова Ольге Владимировне Кудрявцевой за оказанную помощь при проведении данного исследования и написании настоящей статьи.

Список литературы

Arellano M. and Bond S. Initial Conditions and Moment Restrictions in Dynamic Panel Data Models // Journal of Econometrics. 1998. 87 (1). Pp. 115-143.

Arellano M. and Bover O. Another Look at the Instrumental Variable Estimation of Error-Components Models // Journal of Econometrics. 1995. 68 (1). Pp. 29-51.

Balcilar Mehmet (et.al) The renewable energy consumption and growth in the G-7 countries: Evidence from historical decomposition method // Renewable Energy. 2018. 126. Pp. 594-604.

Coban Serap and Topcu Mert The nexus between financial development and energy consumption in the EU: A dynamic panel data analysis // Energy Economics. 2013. 39. Pp. 81-88.

IRENA “Global Energy Transformation: A Roadmap to 2050”, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

Sadorsky P. Financial development and energy consumption in Central and Eastern European frontier economies // *Energy Policy*. 2011. 39 (2). Pp. 999-1006.

Sarcodie, Samuel Asumadu Adom and Philip Kofi Determinants of energy consumption in Kenya: A NIPALS approach // *Energy: Elsevier*, 2018. 159 (C). Pp. 696-705.

Xu S. J. The Impact of Financial Development of Energy Consumption in China: Based on SYS-GMM Estimation // *Advanced Materials Research Vols. 524-527*. 2012. Pp. 2977-2981.

EVALUATING THE EFFECTS OF ECONOMIC AND FINANCIAL DEVELOPMENT ON THE RENEWABLE ENERGY CONSUMPTION

Polina I. Solovyeva, Anastasia V. Ulitkina

Bachelor students

Lomonosov Moscow State University,

Faculty of Economics

(Moscow, Russia)

Abstract

Nowadays renewable energy has become one of the key trends in the energy markets development strategy. The aim of this article is to analyze the impact of economic and financial development on the consumption of renewable electricity. We find that there is a certain set of economic and financial indicators that affects the amount of renewable electricity consumption, but final results depend on the surveyed group of countries. While estimating BRICS we find that there is a positive correlation between economic and financial development and the consumption of renewable electricity. The financial indicator of the share of liquid liabilities in GDP has the greatest impact on the renewable energy consumed.

Key words: renewable energy sources; renewable energy; electric power industry; BRICS.

JEL codes: C220, C230, Q430, L940.

Приложение 1

Результаты оценивания модели экономического и финансового развития на потребление возобновляемой электроэнергетики, метод Ареллано-Бовера.

Сумма кв. остатков 232.4376

Ст. ошибка модели 0.371080

Количество инструментальных переменных = 261

Тест на AR(1) ошибки: $z = -4.59926$ [0.0000]

Тест на AR(2) ошибки: $z = -2.0728$ [0.0382]

Тест на сверхидентификацию Саргана (Sargan): Хи-квадрат(225) = 77.0432 [1.0000]

Совместный тест Вальда: Хи-квадрат(17) = 51268.8 [0.0000]

Вальд (фиктивные переменные для временных интервалов): Хи-квадрат(18) = 127.495 [0.0000]

Приложение 2

Результаты оценивания модели экономического и финансового развития на потребление возобновляемой электроэнергетики для стран БРИКС, метод Ареллано-Бовера.

Сумма кв. остатков 1.946438

Ст. ошибка модели 0.226323

Количество инструментальных переменных = 123

Тест на AR(1) ошибки: $z = -4.2328$ [0.0000]

Тест на AR(2) ошибки: $z = 0.586297$ [0.5577]

Тест на сверхидентификацию Саргана (Sargan): Хи-квадрат(87) = 137.08 [0.0005]

Совместный тест Вальда: Хи-квадрат(17) = 13542.1 [0.0000]

Вальд (фиктивные переменные для временных интервалов): Хи-квадрат(18) = 66.2067 [0.0000]