

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ АРМЕНИИ И БЕЛАРУСИ В СРАВНЕНИИ С МИРОВЫМИ ТЕНДЕНЦИЯМИ

ВАЛЕНТИНА МИХАЙЛОВНА ЦИЛИБИНА

Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов, повышение энергоэффективности, как одного из факторов обеспечения энергетической безопасности, являются важнейшими направлениями развития энергетической сферы как Армении, так и Беларуси. Настоящее исследование базировалось на информации, доступной на сайтах международных энергетических агентств, в том числе:

Межгосударственное агентство по возобновляемым источникам энергии IRENA, Международное энергетическое агентство IEA, а также на сайтах национальных статистических комитетов Армении и Беларуси, Министерства энергетической инфраструктуры и природных ресурсов Республики Армения, Министерства энергетики Республики Беларусь другие источники. Кроме этого, значительный объем информации заимствован из электронного ресурса «Наш мир в данных»¹.

Развитие мировой экономики непрерывно сопровождается ростом спроса на потребление топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) – их потребление напрямую задействовано в процессах переработки сырья на абсолютно всех этапах производства продукции, используется во всех видах транспорта, топливно-энергетические ресурсы используются в жилищно-коммунальном секторе и быту.

Как свидетельствуют статистические данные², наблюдается рост производства и потребления топливно-энергетических ресурсов, обусловленный ростом населения Земли, увеличением потребления энергии на душу населения (рис. 1).

Так, за период с 1965 по 2023 гг. численность населения планеты выросла 2,4 раза, а мировое потребление топливно-энергетических ресурсов – в 4 раза.

¹ Электронный ресурс /Наш мир в данных Институт энергетики — Статистический обзор мировой энергетики (2024) <https://ourworldindata.org/energy-mix>

² Электронный ресурс /Наш мир в данных Институт энергетики — Статистический обзор мировой энергетики (2024) <https://ourworldindata.org/energy-mix>

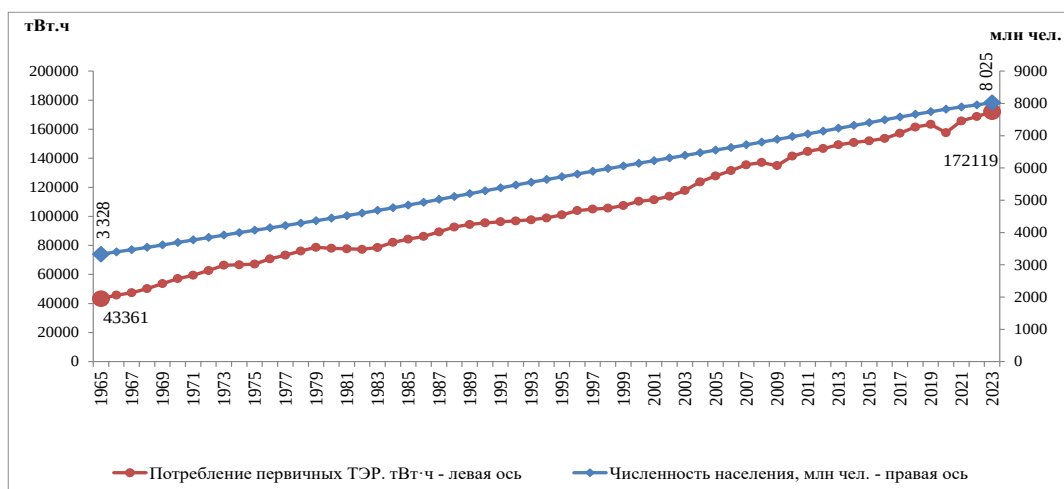


Рис. 1 Тенденции мирового потребления ТЭР³ и численности населения на планете. Источник: по данным⁴.

Как видно из рис. 2 мировое потребление ТЭР за период с 1990 по 2023 год увеличилось в 1,8 раза. В Беларуси тенденция иная: потребления ТЭР за это время снизилось более в 1,6 раза. По Армении информация приведена с 1992 по 2021 год, и практически резких колебаний не наблюдалось.

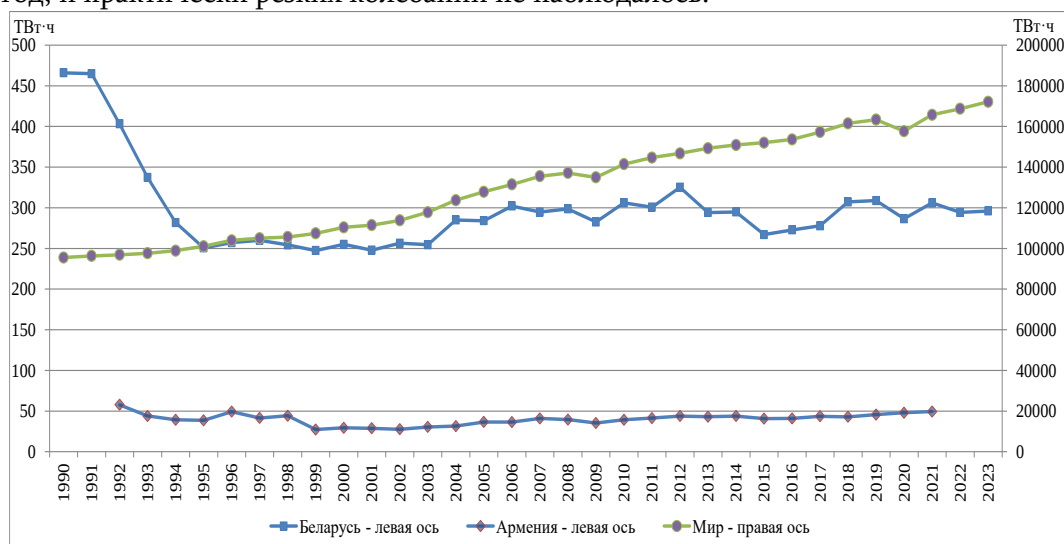


Рис. 2 Динамика потребления первичной энергии в мире, Армении и Беларуси
Источник: по данным⁵

³ Здесь и далее, если не оговорено другое, в качестве единицы измерения ТЭР используется тераватт-час (тВт·ч)

⁴ Электронный ресурс /Наш мир в данных Институт энергетики — Статистический обзор мировой энергетики (2024) <https://ourworldindata.org/energy-mix>

⁵ Электронный ресурс /Наш мир в данных Институт энергетики — Статистический обзор мировой энергетики (2024) <https://ourworldindata.org/energy-mix>

Исследования зарубежных и отечественных ученых показывают, что рост мирового потребления ТЭР непрерывно связан с ростом мирового ВВП, что подчеркивает взаимное влияние данных процессов друг на друга. Без потребления ТЭР невозможно развитие экономики стран мира, отраслей промышленности и повышения благосостояния населения.

В то же время рост потребления ТЭР сопровождается увеличением выбросов парниковых газов, что отрицательно влияет на экологическую обстановку. Так по сравнению с 1970 г. выбросы парниковых газов от использования углеводородного топлива в 2022 г. увеличились 2,5 раза.

Основные тенденции развития мировой энергетической сферы в настоящее время связаны с четвертым энергетическим переходом, характерной особенностью которого, по мнению ряда экспертов, является преобладающая роль энергетической политики государств, направленной на сокращение выбросов парниковых газов, переход от массового использования углеводородов к широкому внедрению возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Термин «энергетический переход» был предложен чешско-канадским исследователем и аналитиком, ученым мирового уровня, энциклопедистом и писателем Вацлавом Смилом. Согласно Смилу этот термин используется «для описания изменения структуры первичного энергопотребления и постепенного перехода от существующей схемы энергообеспечения к новому состоянию энергетической системы». Так, в истории выделяются три энергоперехода, и в настоящее время мир находится в начале четвертого.

Первый энергопереход связан с увеличением доли угля и снижением потребления биомассы (дров, древесного угля): доля угля в первичной энергии в 1840 году составляла 5 %, в 1900 году – 50 %. С переходом от сжигания дров к развитию угольной промышленности долгое время человечество не могло представить себе жизнь без угля.

Второй энергопереход характеризуется значительным ростом потребления нефти – ее доля в первичной энергии составляла в 1915 году 3 %, а в 1975 года – уже 45 %). Освоение нефти на рубеже XIX–XX веков началось не по причине истощения запасов угля в недрах, а после изобретения двигателя внутреннего сгорания и оценки его преимуществ перед паровыми машинами на угле. Осознание экологических проблем, связанных с использованием угля, пришло намного позднее. Второй переход дал нам нефтехимию и, как следствие, пластмассу, роль которой в современной экономике сложно недооценить.

Третий энергопереход – расширение использования газа (1930 год – 3 %, 2017 год – 23 %). Процесс замещения нефти природным газом ускорился с появлением новой технологии транспортировки газа, более гибкой по сравнению с трубопроводной: сжижения, перевозки в сжиженном виде и последующей регазификации.

Наблюдающийся сегодня четвертый энергопереход – переход к возобновляемым источникам энергии: энергии ветра, солнца, приливов и т. д. заключается в широком использовании этих возобновляемых ресурсов и постепенном вытеснении углеводородного топлива: газа, нефти, угля.

Следует отметить, что в современной научной литературе существуют различные определения энергетического перехода, однако практически все они сводятся к тому, что энергопереход означает отказ от углеводородов в пользу «зеленой энергетики» как эффективный путь сокращения выбросов углерода и достижения низкоуглеродного развития. Однако нельзя согласиться с таким узким видением данного явления. Энергетический переход – это не только зеленая энергетика. Прежде всего, это организация перехода ведущих экономик мира на новый технологический уклад.

Инновационные решения разрабатываются в таких областях, как снижение энергоемкости, передача, преобразование и хранение энергии, управление крупными энергосистемами и водородная энергетика. Соответственно, новые технологические решения в области энергетики глубоко интегрированы с современными информационными, коммуникационными и цифровыми технологиями, позволяющими создать интеллектуальную энергетическую систему.

Таким образом, под энергетическим переходом следует понимать технологическую трансформацию, включающую постепенные изменения, такие как повышение энергоэффективности, структурные трансформации, обусловленные отказом от одних видов топлива в пользу других (например, снижение потребления бензина и мазута при росте спроса на СПГ, нефть и этан) и системные сдвиги, такие как отказ от ископаемого топлива в пользу электроэнергетики, масштабное использование цифровых и интеллектуальных технологий (смарт-гриды, ВИМ и т.д.) и переход на водородное топливо. Современный уровень развития технологий позволяет констатировать, что энергетический переход фактически осуществляется, хотя пока что сохраняется неопределенность как с точки зрения его сроков, так и сценариев, реализуемых в разных регионах мира.

Несмотря на декларирование более широкого использования ВИЭ с постепенным снижением использования углеводородов, их доля в структуре потребления ТЭР все еще достаточно велика⁶. Так, доля нефти увеличилась с 1990 по 2023 гг. в 1,45 раза, угля – в 1,76 раза, газа – в 2 раза. Это свидетельствует о том, что ископаемое топливо продолжает играть доминирующую роль в глобальных энергетических системах. Таким образом, в настоящее время не существует других источников энергии, которые могли бы конкурировать с органическим

⁶ Электронный ресурс /Наш мир в данных Институт энергетики — Статистический обзор мировой энергетики (2024) <https://ourworldindata.org/energy-mix>

топливом по доступности, степени распространения и эффективности, что связано прежде всего с тем, что последние два столетия практически вся энергетическая инфраструктура, создававшаяся в мире, была ориентирована именно на органическое топливо.

В то же время, будущее мировой энергетики, безусловно, сложно представить без возобновляемых источников энергии. Однако утверждения о скором полном переходе мировой энергетики на ветровую, солнечную, геотермальную энергии, озвучиваемые многими политическими и общественными деятелями, вряд ли имеют под собой серьезные основания. Не все так просто и с водородной энергетикой, где нерешенных проблем на данном этапе гораздо больше, чем решенных. На рисунке 3 представлены данные за 1990 и 2023 гг. о структуре потребления ТЭР в мире, из которых следует, что доля низкоуглеродной энергетики значительно выросла.

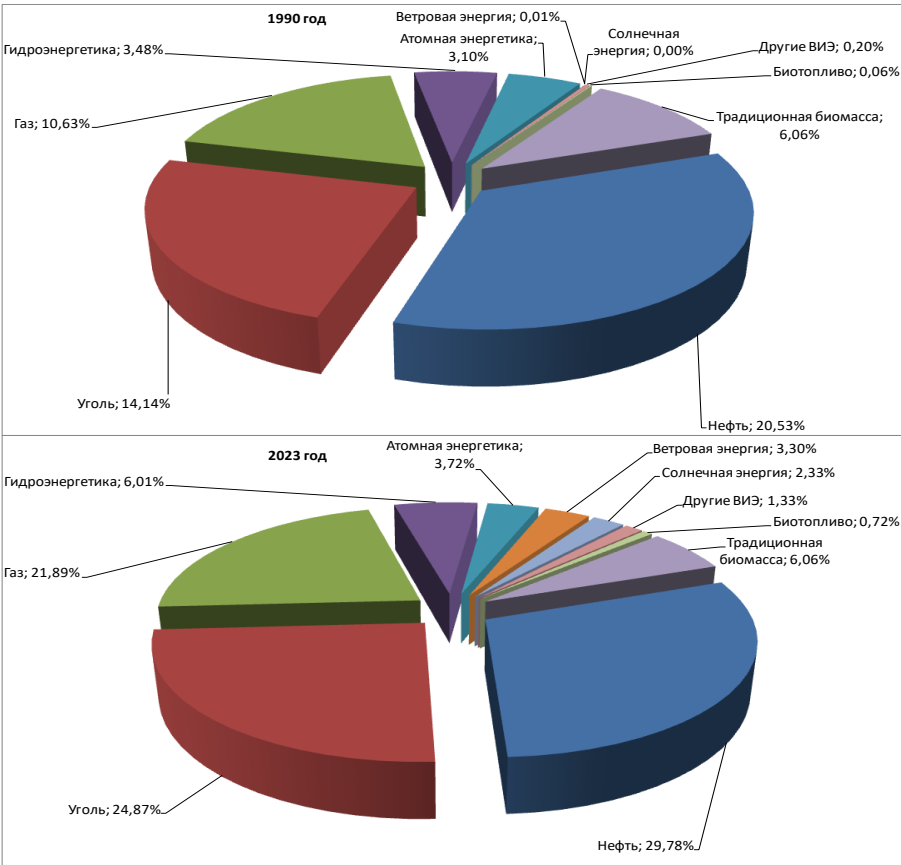


Рис. 3 Мировое потребление первичной энергии по источникам в 1990 и 2023 гг.⁷

⁷ Электронный ресурс /Наш мир в данных Институт энергетики — Статистический обзор мировой энергетики (2024) <https://ourworldindata.org/energy-mix>

Эксперты склоняются к мнению, что ставка только на ВИЭ не может быть ядром современной энергетической политики, она обречена как по технологическим (невозможность обеспечивать генерацию в нужное время), так и по экономическим (отсутствие стабильного денежного потока, увеличение и непредсказуемость периода окупаемости) причинам.

Энергопереход – это сложная, но возможная трансформация, требующая не только крупных капиталовложений, но самое главное необходимы условия и согласованный системный подход между всеми участниками, где государство играет решающую роль, обдумывая долгосрочные цели и достигая краткосрочных. Поэтому важнейшим шагом является разработка комплексной стратегии, которая определит долгосрочное видение развития энергетического сектора страны. Радикальная стратегия климатического регулирования вызывает беспокойство как ученых, так и ведущих специалистов в энергетике, в контексте неопределенности рисков и последствий данного сценария декарбонизации мировой энергетики. Так, например, форсирование проведения перехода на зеленые источники энергии на фоне сокращения инвестиций в нефтегазовые проекты может привести к дисбалансам и снижению стабильности мировых энергетических рынков.

Эффективность использования топливно-энергетических ресурсов является одним из важнейших факторов удовлетворения постоянного роста потребностей в топливе, тепловой и электрической энергии, обеспечения энергетической безопасности, улучшения экологической обстановки, повышения качества жизни населения, обеспечения должного уровня конкурентоспособности производимой продукции, как на внутреннем, так и на внешнем рынках. В мировой практике в качестве основной характеристики энергоэффективности принято считать показатель энергоемкость ВВП. Величина энергоемкости ВВП рассчитывается путем деления объема первичных ТЭР, потребляемых за определенный период в стране, на объем валового внутреннего продукта, произведенного за тот же период. Данные об объеме потребляемых ТЭР публикуются как в национальной статистике, так и в международных изданиях, при этом все виды ТЭР приводятся к условным единицам измерения: тонна нефтяного эквивалента (т н.э.), тонна условного топлива (т у.т.), гигаджоуль (ГДж), а также тераватт-час (тВт·ч). ВВП рассчитывается органами статистики в большинстве стран, как в национальной валюте, так и долларах США. Для проведения межстрановых сопоставлений возникает необходимость приведения ВВП к единой единице измерения. общепринятым является пересчет объема ВВП в доллары США либо по валютному курсу национальных валют, либо по паритету покупательной способности (ППС). Энергоемкость ВВП характеризует эффективность использования первичных топливно-энергетических ресурсов при производстве единицы валового внутреннего продукта. При этом традиционно считается, что чем ниже энергоемкость ВВП, тем выше энергоэффективность

экономики. Однако в ряде публикаций [2 – 5] показано, что это не всегда верно, поскольку страна с низкой энергоемкостью совсем не обязательно имеет высокую энергоэффективность. Согласно данным, энергоемкость ВВП Беларуси (при оценке ВВП по паритету покупательной способности в ценах 2017 г.) равна 1,674 тВт·ч / долл. США (126 позиция среди 155 стран), Армении – 1,399 тВт·ч / долл. США (111 место). Для сравнения: среднемировое значение энергоемкости равно 1,297 тВт·ч / долл. США (рис. 4).

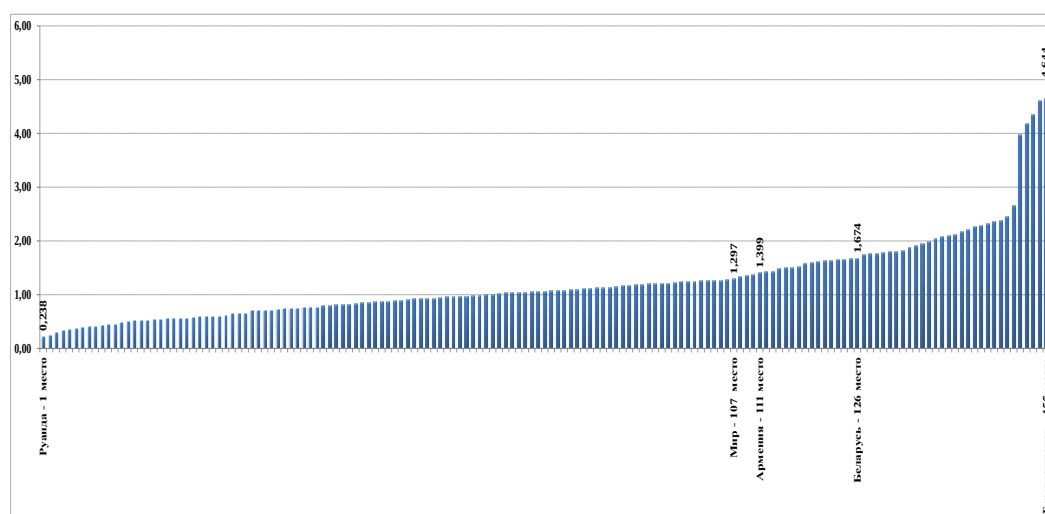


Рис. 4 Армения и Беларусь в рейтинге стран по показателю энергоемкость ВВП
Источник: по данным⁸

Изучение передового опыта повышения энергоэффективности экономики имеет огромную ценность с целью его адаптации к условиям Армении и Беларуси с учетом местных условий. В работе⁹ предложено формализовать процедуру отбора стран мира, обладающих передовым опытом повышения энергоэффективности, используя диаграммы Венна. В рамках нашей компетенции, а также на основании анализа отечественной и зарубежной литературы, определены следующие критерии, по которым та или иная страна может быть включена в список стран с передовым опытом эффективного использования ТЭР, а именно:

⁸ Электронный ресурс /Наш мир в данных Институт энергетики — Статистический обзор мировой энергетики (2024) <https://ourworldindata.org/energy-mix>

⁹ Цилибина В.М. Методологический подход к отбору зарубежных стран с высоким уровнем энергоэффективности // Стратегия развития экономики Беларуси: вызовы, инструменты реализации и перспективы: сб. науч. ст.: в двух томах. Т. 1 / ред. кол.: Д.В. Муха [и др.]; Национальная академия наук Беларуси; Институт экономики НАН Беларуси. – Минск: Право и экономика, 2023. – С. 254–262.

- а) очень высокий индекс человеческого развития (по версии¹⁰),
- б) высокий уровень интегрального индекса энергоэффективности^{11,12,13,14},
- в) высокий уровень интегрального индекса эффективности бизнес-среды.

В перечень стран, добившихся значительных успехов в сфере эффективности использования топливно-энергетических ресурсов, исходя из обозначенных выше критериев вошли 54 страны. Как видим, стран, отвечающих трем критериям, достаточно много, поэтому ограничимся теми, которые имеют климатические условия, схожие с Беларусью и Арменией. тогда перечень таких стран сократился до 5: Германия, Дания, Польша, Словения, США.

Согласно данным энергоемкость ВВП Беларуси (при оценке ВВП по паритету покупательной способности в ценах 2017 г.) равна 1,674 тВт·ч / долл. США (в 2,5 раза выше, чем Дании, в 1,3 выше среднемирового значения), Армении – 1,399 тВт·ч / долл. США (в 1,3 раза выше, чем Дании, практически на одном уровне со среднемировым значением). Для сравнения: среднемировое значение энергоемкости равно 1,297 тВт·ч / долл. США (рис. 5).

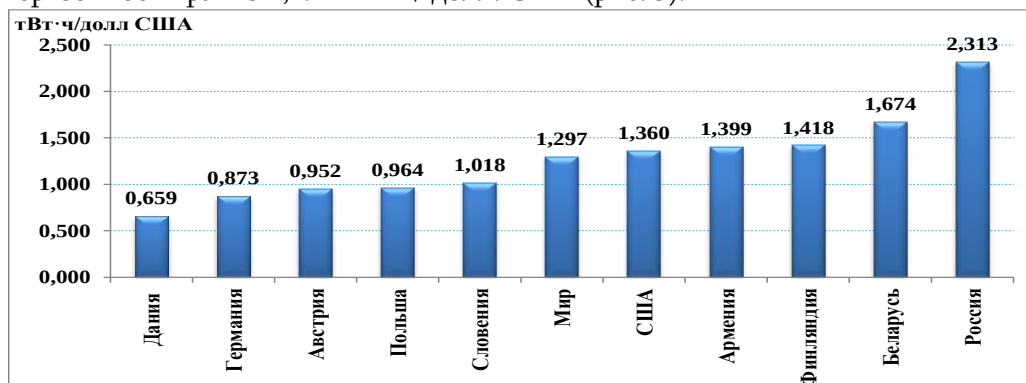


Рис. 5 Энергоемкость ВВП Армении и Беларуси по сравнению с некоторыми странами мира

Источник: по данным ¹⁵

¹⁰ Human Development Report 2022 / United Nations. – New York, 2022. – URL: <https://hdr.undp.org/system/files/documents/global-report-document/hdr202122overviewrupd f.pdf> (дата обращения 21.12.2022).

¹¹ Цилибина В.М. Энергоэффективность экономики: методология и практика // Ин-т экономики НАН Беларуси. – Мн.: Беларуская навука, 2021. – 215 с.

¹² Цилибина В.М. Оценка уровня энергоэффективности экономик Союзного государства Беларуси и России с позиции триединства «человек – экономика – окружающая природная среда» // Энергия: экономика, техника, экология. /М.: ФГБУ «Издательство «Наука», 2024 – №6.– С. 36-49.

¹³ Цилибина, В.М. Оценка уровня энергоэффективности экономики Беларуси с позиции триединства «человек–экономика–окружающая среда» / В.М. Цилибина // Энергоэффективность. – 2019. – № 4, с. 24 – 27

¹⁴ Дайнеко А. Е., Падалко Л. П., Цилибина В. М. Энергоэффективность экономики Беларуси. Минск: Беларуская навука, 2016. – 363 с.

Однако, на наш взгляд, такая оценка энергоэффективности Армении и Беларуси, основанная только на значении показателя энергоемкости ВВП явно занижена

По нашему мнению один показатель – энергоемкость ВВП – не может точно отразить, насколько эффективно в экономике страны обеспечиваются экономические, экологические и социальные аспекты энергопотребления. Таким образом, снижение энергоемкости несомненно является необходимым, но не достаточным условием повышения энергоэффективности экономики. В силу своей специфики энергоемкость ВВП не отражает качество жизни населения страны, степень загрязнения окружающей среды, уровень научно-технического прогресса. Кроме того, необходимо понимать, что энергоемкость ВВП не может снижаться беспредельно. На определенном этапе отрицательные последствия дефицита энергии могут перекрыть выгоду от ее экономии, стать тормозом для развития научно-технического прогресса и роста экономики. Уменьшение энерговооруженности производства может понизить эффективность использования труда и капитала и, как следствие, приведет к снижению производительности труда. Таким образом, энергоемкость ВВП не может являться единственным показателем энергетической эффективности. Анализ специальной литературы, исследования видных ученых и специалистов позволил сделать вывод о том, что как категория, энергоэффективность не может быть выражена единственным показателем – существует много подходов к ее определению, в том числе:

- энергоэффективность – необходимый уровень расходов энергетических ресурсов для достижения определенного уровня благополучия (например, экономического, социального, стандартов жизни человека, состояния окружающей среды и т. д.);

- энергоэффективность – энергоемкость;

- энергоэффективность – комплексный набор показателей, определение которых зависит от системы, для которой он определяется, а главным является наблюдение за динамикой этих показателей и их постоянного улучшения за счет всех экономически обоснованных мер (совершенствование современных технологий, а также, что очень важно, замены существующих технологий использования ТЭР на принципиально новые).

В настоящее время в официальной статистике не существует единого показателя, позволяющего сделать однозначный вывод об уровне эффективности использования ТЭР. Для восполнения данного пробела предложен методологический инструментарий к оценке уровня энергоэффективности, основанный на принципе триединства системы «человек – экономика –

¹⁵ Электронный ресурс /Наш мир в данных Институт энергетики — Статистический обзор мировой энергетики (2024) <https://ourworldindata.org/energy-mix>

окружающая природная среда»^{16,17,18,19}. Нами введен единый показатель – интегральный индекс энергоэффективности, который характеризует уровень энергоэффективности исходя из разнонаправленных тенденций так называемых частных показателей, в той или иной степени характеризующих уровень энергоэффективности, в том числе: энергоемкость ВВП, электроемкость ВВП, энерговооруженность и электровооруженность экономики, выбросы углекислого газа при использовании топливно-энергетических ресурсов на душу населения, углеродоемкость ВВП и углеродная интенсивность ТЭР, показатели удельного потребления топливно-энергетических ресурсов и электроэнергии на душу населения.

В основу расчета интегрального индекса эффективности использования ТЭР положен метод многомерного анализа. Суть метода состоит в проведении анализа оценки уровня эффективности ТЭР по совокупности выбранных и обоснованных, так называемых, частных показателей. При этом сущность экономического критерия предложено представить следующими показателями: энергоемкость ВВП, электроемкость ВВП, энерго-и электровооруженность экономики. Содержание экологического критерия характеризуют выбросы углекислого газа при использовании топливно-энергетических ресурсов на душу населения, углеродоемкость ВВП и углеродная интенсивность ТЭР. Социальный критерий выражается через удельные показатели топливо- и электропотребления на душу населения.

Каждый из частных показателей, исходя из выбранных критериев, по-разному характеризует уровень энергоэффективности, т.е. показатели имеют разнонаправленные тенденции и каждый по отдельности не однозначно характеризуют уровень энергоэффективности экономики государства. Так уровень энергоэффективности будет тем выше, чем меньше значения энергоемкости ВВП, электроемкости и углеродоемкости ВВП, а также выбросов углекислого газа на душу населения и углеродной интенсивности. И, наоборот, уровень энергоэффективности повышается при росте показателей энерго- и электровооруженности, а также удельных показателей потребления ТЭР и электроэнергии на душу населения. Заметим, что неправильным будет говорить,

¹⁶ Цилибина В.М. Энергоэффективность экономики: методология и практика // Ин-т экономики НАН Беларуси. – Мн.: Беларуская навука, 2021. – 215 с.

¹⁷ Цилибина В.М. Оценка уровня энергоэффективности экономик Союзного государства Беларуси и России с позиции триединства «человек – экономика – окружающая природная среда» // Энергия: экономика, техника, экология. /М.: ФГБУ «Издательство «Наука», 2024 – №6.– С. 36-49.

¹⁸ Цилибина, В.М. Оценка уровня энергоэффективности экономики Беларуси с позиции триединства «человек–экономика–окружающая среда» / В.М. Цилибина // Энергоэффективность. – 2019. – № 4, с. 24 – 27

¹⁹ Дайнеко А. Е., Падалко Л. П., Цилибина В. М. Энергоэффективность экономики Беларуси. Минск: Беларуская навука, 2016. – 363с.

что один из показателей «лучше» других. Исследования показали, что их сочетание наиболее объективно отражает уровень энергоэффективности экономики на макроуровне.

В основу расчета интегрального индекса энергоэффективности положен метод многомерного анализа.

Суть метода состоит в проведении анализа оценки уровня эффективности использования ТЭР на основе комплекса показателей, определяющих в той или иной степени уровень энергоэффективности. В общем виде интегральный индекс энергоэффективности $IЭ$ может быть представлен как функция от девяти перечисленных выше показателей (1):

$$IЭ=f(Эн_ВВП, Эл_ВВП, Эн_вооруж, Эл_вооруж, CO2_чел., У_ВВП, У_ТЭР, ТЭР_чел., Эл_чел.) \quad (1),$$

где

Эн_ВВП–энергоемкость ВВП;

Эл_ВВП–электроемкость ВВП;

Эн_вооруж– энерговооруженность экономики;

Эл_вооруж– электровооруженность экономики;

У_ВВП–углеродоемкость ВВП;

У_ТЭР – углеродная интенсивность ТЭР;

CO2_чел. – выбросы углекислого газа на душу населения.

ТЭР_чел. – удельное потребление ТЭР на душу населения;

Эл_/чел. – удельное потребление электроэнергии на душу населения.

В основу расчета положены не субъективные оценки экспертов, а реальные числовые показатели, взятые из официальных статистических источников, либо рассчитанные по официальным статистическим данным. Исходя из этого, алгоритм относительно объективен и поддается верификации. Заметим, что перечень показателей нельзя считать исчерпывающим – его целесообразно по необходимости дополнять. В табл. 1 приведен перечень частных показателей, используемых для оценки эффективности использования ТЭР с указанием формул расчета.

Таблица 1

Комплекс показателей, используемых для оценки энергоэффективности

Наименование частного показателя, единица измерения, (условное обозначение)	Расчетная формула	Примечание, расшифровка условных обозначений
Энергоемкость ВВП, кг н.э./долл. США (Эн_ВВП)	$\frac{\text{Эн_ВВП}}{\text{ТЭР}} = \frac{\text{ТЭР}}{\text{ВВП}}$	ТЭР – валовое потребление топливно-энергетических ресурсов, млн т н.э.; ВВП – объем валового внутреннего продукта по ППС в ценах 2010 г., млрд долл. США
Электроемкость ВВП, кВт·ч/долл. США (Эл_ВВП)	$\frac{\text{Эл_ВВП}}{\text{Э_Э}} = \frac{\text{Э_Э}}{\text{ВВП}}$	Э_Э – потребление электроэнергии, млрд кВт·ч
Энерговооруженность экономики, т н.э. на одного занятого в экономике (Эн_вооруж)	$\frac{\text{Эр_вооруж}}{\text{Ч_з_н}} = \frac{\text{ТЭР}}{\text{Ч_з_н}}$	Ч_з_н – численность занятого в экономике населения, млн. чел.
Электровооруженность экономики, кВт·ч на одного занятого в экономике (Эл_вооруж)	$\frac{\text{Эл_вооруж}}{\text{Ч_з_н}} = \frac{\text{Э_Э}}{\text{Ч_з_н}}$	
Углеродоемкость ВВП, кг CO ₂ -экв./долл. США (У_ВВП)	$\frac{\text{У_ВВП}}{\text{CO}_2\text{-экв}} = \frac{\text{CO}_2\text{-экв}}{\text{ВВП}}$	CO ₂ – выбросы углекислого газа, млн т CO ₂ -экв
Углеродная интенсивность ТЭР, кг CO ₂ -экв./кг н.э. (У_ТЭР)	$\frac{\text{У_ТЭР}}{\text{CO}_2\text{-экв}} = \frac{\text{CO}_2\text{-экв}}{\text{ТЭР}}$	
Выбросы углекислого газа на душу населения, кг CO ₂ -экв./чел. (CO ₂ _чел)	$\frac{\text{CO}_2\text{-чел}}{\text{Ч_н}} = \frac{\text{CO}_2}{\text{Ч_н}}$	Ч_н – численность населения, млн чел.
Удельное потребление ТЭР на душу населения, кг н.э./чел., (ТЭР_чел)	$\frac{\text{ТЭР_чел}}{\text{Ч_н}} = \frac{\text{ТЭР}}{\text{Ч_н}}$	
Удельное потребление электроэнергии на душу населения, кВт·ч/чел., (Эл_чел)	$\frac{\text{Эл_чел}}{\text{Ч_н}} = \frac{\text{Э_Э}}{\text{Ч_н}}$	

Примечание: разработано автором

Алгоритм расчета интегрального индекса энергоэффективности содержит следующие шаги:

1. Для каждого из девяти показателей рассчитывается соответствующий индекс по следующим формулам (2, 3):

$$I = 0,999 \cdot \frac{\text{макс. знач.} - \text{факт. знач.}}{\text{макс. знач.} - \text{мин. знач.}} + 0,001$$

(2),

если $I \in \{I_{\text{Эн_ВВП}}, I_{\text{Эл_ВВП}}, I_{\text{CO}_2\text{-чел.}}, I_{\text{У_ВВП}}, I_{\text{У_ТЭР}}\}$;

$$I = 0,999 \cdot \frac{\text{факт. знач.} - \text{мин. знач.}}{\text{макс. знач.} - \text{мин. знач.}} + 0,001$$

(3),

если $I \in \{I_{\text{ТЭР_чел.}}, I_{\text{Эл_чел.}}, I_{\text{Эн_вооруж.}}, I_{\text{Эл_вооруж.}}\}$.

В формулах (2, 3) факт.знач. – значение оцениваемого показателя для конкретного года, мин. знач. соответствует наименьшему значению оцениваемого показателя среди всех стран; макс. знач. – наибольшее значения оцениваемого показателя среди всех стран. Как видно из формул (2, 3) эти девять «измерений» стандартизируются в виде числовых значений от 0 до 1.

2. Интегральный индекс энергоэффективности рассчитывается как среднее геометрическое индексов частных показателей по формуле (4):

$$I_{\Sigma} = \sqrt[9]{I_{\text{Эн_ВВП}} \cdot I_{\text{Эл_ВВП}} \cdot I_{\text{Эн_вооруж.}} \cdot I_{\text{Эл_вооруж.}} \cdot I_{\text{CO}_2\text{-чел.}} \cdot I_{\text{У_ВВП}} \cdot I_{\text{У_ТЭР}} \cdot I_{\text{ТЭР_чел.}} \cdot I_{\text{Эл_чел.}}}$$

(4)

Алгоритмом расчета предусмотрено, что большему значению интегрального индекса энергоэффективности соответствует более высокий уровень энергоэффективности экономики.

В работе²⁰ выполнены расчеты индексов частных показателей. В табл. 2 – 4 приведены фрагменты результата расчета индексов частных показателей энергоэффективности для 155 стран/регионов.

Таблица 2

Фрагмент результата расчета частных показателей энергоэффективности для некоторых стран/регионов (экономический блок)

Экономический блок								
Ранг	Энергоёмкость ВВП	Страна/регион	Электроемкость ВВП	Страна/регион	Энерговооружённость экономики	Страна/регион	Электровооружённость экономики	Страна/регион
63	0,954	Тунис	0,884	Германия	0,149	Экваториальная	0,082	Мир

²⁰ Цилибина В.М. Оценка уровня энергоэффективности экономик Союзного государства Беларуси и России с позиции триединства «человек – экономика – окружающая природная среда» // Энергия: экономика, техника, экология. /М.: ФГБУ «Издательство «Наука», 2024 – №6. – С. 36-49.

						Гвинея		
65	0,953	Швеция	0,880	Польша	0,148	Китай	0,080	Беларусь
67	0,952	Чили	0,876	Алжир	0,146	Мир	0,077	Уругвай
69	0,951	Армения	0,874	Испания	0,135	Аргентин а	0,073	Таджики стан
85	0,940	Камерун	0,854	Уругвай	0,096	Бразилия	0,056	Армения
89	0,938	Гондурас	0,844	Чехия	0,092	Армения	0,050	Тунис
91	0,937	Мир	0,841	Армения	0,083	Маврикий	0,048	Коста- Рика
103	0,926	Молдова	0,817	Мир	0,060	Сирия	0,032	Индия
105	0,924	Финлянд ия	0,816	Беларусь	0,056	Колумбия	0,030	Сирия
111	0,913	Беларусь	0,806	Австрали я	0,052	Судан	0,020	Шри- Ланка

Примечание: разработано автором

Таблица 3

Фрагмент результата расчета частных показателей энергоэффективности для
некоторых стран/регионов (экологический блок)²¹

Экологический блок						
Ран г	Углерод о- емкость ВВП	Страна/реги он	Углеродная интенсивнос ть	Страна/реги он	Выбросы углекисло го газа на душу населения	Страна/регио н
50	0,841	Бразилия	0,503	Армения	0,937	Армения
68	0,798	Армения	0,414	Бангладеш	0,895	Швеция
82	0,766	Греция	0,384	Беларусь	0,881	Хорватия
91	0,726	Эстония	0,341	Мексика	0,860	Мир
97	0,697	Азербайджа н	0,330	Мир	0,836	Великобритан ия
104	0,675	Индия	0,314	Узбекистан	0,813	Беларусь
107	0,654	Мир	0,295	Туркменист ан	0,790	Сербия
117	0,587	Беларусь	0,257	Греция	0,772	Кипр

²¹ Таблица разработано автором

Таблица 4

Фрагмент результата расчета частных показателей энергоэффективности для некоторых стран/регионов (социальный блок)

Социальный блок				
Ранг	Удельное потребление ТЭР на душу населения	Страна/регион	Удельное потребление электроэнергии на душу населения	Страна/регион
39	0,178	Беларусь	0,110	Мальта
58	0,136	Хорватия	0,079	Беларусь
63	0,123	Мир	0,069	Мир
81	0,080	Ливан	0,044	Армения

Примечание: разработано автором

Из приведенных выше таблиц 2 – 4 видно, какие позиции занимают Армения и Беларусь среди стран мира.

Для определения уровня энергоэффективности рассчитан интегральный индекс энергоэффективности для каждой из 155 страны/региона. Полученные результаты фрагментально представлены в табл. 5.

Таблица 5

Рейтинг некоторых стран мира по уровню энергоэффективности экономики

Ранг	Интегральный индекс энергоэффективности	Страна/регион
2	0,556	Финляндия
8	0,493	США
18	0,429	Австрия
22	0,401	Словения
23	0,389	Германия
24	0,386	Россия
25	0,382	Дания
49	0,312	Польша
50	0,312	Беларусь
61	0,290	Мир
75	0,257	Армения

Примечание: разработано автором

Расчеты показали, что Беларусь находится на 50 позиции в рейтинге стран/регионов по энергоэффективности, Армения – на 75 месте, среднемировой уровень энергоэффективности соответствует 61 позиции.

Сравнительная энергоэффективность Армении и Беларуси с некоторыми странами мира представлена на рис. 6.

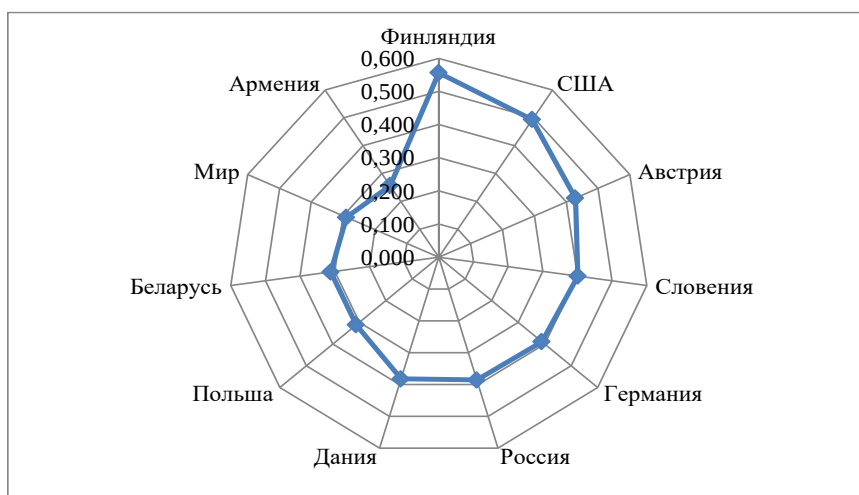


Рис. 6 Сравнительная энергоэффективность Армении и Беларуси с некоторыми странами мира²²

Предложенный методологический подход позволил:

- определять место Армении и Беларуси в рейтинге по энергоэффективности экономики по сравнению со странами мира исходя из экономического, социального и экологического императивов с учетом экономической, социальной и экологической составляющих, что является более объективным, чем оценка по показателю энергоемкости ВВП;
- выявить основные направления государственной политики в энергетической сфере с целью повышения ее эффективности;
- проводить мониторинг как по отдельным составляющим энергоэффективности, так и на основе динамики интегрального индекса энергоэффективности;
- принимать взвешенные управленческие решения по повышению энергоэффективности экономики на государственном уровне.

Государственная политика Армении и Беларуси в данном контексте должна быть направлена на повышение энерго- и электровооруженности экономики, снижение удельных выбросов CO₂ на душу населения и углеродоемкости ВВП. Что касается снижения энергоемкости ВВП, то государственной политикой должно быть не только снижение объемов потребления ТЭР, но и наращивание объемов ВВП.

²² График разработано автором

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Электронный ресурс /Наш мир в данных Институт энергетики — Статистический обзор мировой энергетики (2024) <https://ourworldindata.org/energy-mix>
- 2 Цилибина В.М. Энергоэффективность экономики: методология и практика // Ин-т экономики НАН Беларуси. – Мн.: Беларуская навука, 2021. – 215 с.
- 3 Цилибина В.М. Оценка уровня энергоэффективности экономик Союзного государства Беларуси и России с позиции триединства «человек – экономика – окружающая природная среда» //Энергия: экономика, техника, экология. /М.: ФГБУ “Издательство «Наука», 2024 – №6.– С. 36-49.
- 4 Цилибина, В.М. Оценка уровня энергоэффективности экономики Беларуси с позиции триединства «человек–экономика–окружающая среда» / В.М. Цилибина // Энергоэффективность. – 2019. – № 4, с. 24 – 27
- 5 Дайнеко А. Е., Падалко Л. П., Цилибина В. М. Энергоэффективность экономики Беларуси. Минск: Беларуская навука, 2016. – 363 с.
- 6 Цилибина В.М. Методологический подход к отбору зарубежных стран с высоким уровнем энергоэффективности // Стратегия развития экономики Беларуси: вызовы, инструменты реализации и перспективы: сб. науч. ст.: в двух томах. Т. 1 / ред. кол.: Д.В. Муха [и др.]; Национальная академия наук Беларуси; Институт экономики НАН Беларуси. – Минск: Право и экономика, 2023. – С. 254–262.
- 7 Human Development Report 2022 / United Nations. – New York, 2022. – URL: <https://hdr.undp.org/system/files/documents/global-report-document/hdr202122overviewrupdf.pdf> (дата обращения 21.12.2022).
- 8 Моторина О.И. Оценка уровня развития бизнес-среды в Республике Беларусь и других странах (на основе данных Enterprise Surveys) // Банкаўскі веснік. – 2022. – № 12 (713). – С. 44–52.
- 9 Цилибина В.М. Оценка уровня энергоэффективности экономик Союзного государства Беларуси и России с позиции триединства «человек – экономика – окружающая природная среда» //Энергия: экономика, техника, экология. /М.: ФГБУ “Издательство «Наука», 2024 – №6.– С. 36-49.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ АРМЕНИИ И БЕЛАРУСИ В СРАВНЕНИИ С МИРОВЫМИ ТЕНДЕНЦИЯМИ ВАЛЕНТИНА МИХАЙЛОВНА ЦИЛИБИНА

Аннотация. Повышение энергоэффективности, как одного из факторов обеспечения энергетической безопасности, является одним из приоритетов в развитии экономики многих стран мира, как в достаточной мере обеспеченных топливно-энергетическими ресурсами, так и для стран, не обладающих ими в

полной мере. К таким странам относятся Республика Армения и Республика Беларусь. В статье дана авторская оценка уровня энергетической эффективности экономик Армении и Беларуси в отличие от общепринятого критерия оценки энергоэффективности по энергоемкости валового внутреннего продукта. Автором предложен методологический инструментарий к оценке энергоэффективности экономики с позиции триединства системы «человек – экономика – окружающая природная среда». Проведен расчет оценки уровня энергоэффективности Армении и Беларуси по сравнению со среднемировым значением.

Ключевые слова: эффективность использования топливно-энергетических ресурсов, мировые тенденции в энергетической сфере, Армения, Беларусь.

COMPARISON OF THE ENERGY EFFICIENCY OF ARMENIA AND BELARUS WITH GLOBAL TRENDS

VALENTINA TSYLIBINA

Abstract: Increasing energy efficiency, as one of the factors in ensuring energy security, is one of the priorities in the development of the economy of many countries of the world, both those sufficiently provided with fuel and energy resources, and for countries that do not have them in full. These countries include the Republic of Armenia and the Republic of Belarus. The article provides the author's assessment of the level of energy efficiency of the economies of Armenia and Belarus, in contrast to the generally accepted criterion for assessing energy efficiency by the energy intensity of the gross domestic product. The author proposes a methodological toolkit for assessing the energy efficiency of the economy from the standpoint of the trinity of the system "man - economy - natural environment". The calculation of the assessment of the level of energy efficiency of Armenia and Belarus is carried out in comparison with the world average.

Key words: efficiency of fuel and energy resources use, global trends in the energy sector, Armenia, Belarus

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԵՎ ԲԵԼԱՌՈՒՄԻ ԷՆԵՐԳԱԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏՈՒԹՅԱՆ ՀԱՄԵՄԱՏՈՒԹՅՈՒՆԸ ՀԱՄԱՇԽԱՐՀԱՅԻՆ ՄԻՏՈՒՄՆԵՐԻ ՀԵՏ

ՎԱԼԵՆՏԻՆԱ ՑԻԼԻԲԻՆԱ

Համառոտագիր: Էներգաարդյունավետության բարձրացումը, որպես էներգետիկ անվտանգության ապահովման գործոններից մեկը, աշխարհի շատ երկրների տնտեսությունների զարգացման առաջնահերթություններից է, ինչ-

պես բավարար չափով վառելիքով և էներգետիկ ռեսուրսներով ապահովված երկրների, այնպես էլ այդ ռեսուրսներից ամբողջությամբ զուրկ երկրների համար: Այդպիսի երկրների թվում են Հայաստանի Հանրապետությունը և Բելառուսի Հանրապետությունը: Հոգվածում տրվում է հեղինակի գնահատականը Հայաստանի և Բելառուսի տնտեսությունների էներգաարդյունավետության մակարդակի վերաբերյալ՝ ի տարբերություն համախառն ներքին արդյունքի էներգիայի ինտենսիվության հիման վրա էներգաարդյունավետության գնահատման ընդհանուր ընդունված չափանիշի: Հեղինակն առաջարկում է «մարդ-տնտեսություն-շրջակա միջավայր» համակարգի եռամիասնության դիրքից տնտեսության էներգաարդյունավետության գնահատման մեթոդական գործիքակազմ: Կատարվել է հաշվարկ՝ գնահատելու Հայաստանի և Բելառուսի էներգաարդյունավետության մակարդակը համաշխարհային միջինի համեմատ:

Բանալի քառեր. վառելիքի և էներգետիկ ռեսուրսների օգտագործման արդյունավետություն, էներգետիկ ոլորտի համաշխարհային միտումներ, Հայաստան, Բելառուս: